DEL MODO
DI DIRIGERE E REGOLARE
IL CORSO DEI FIUMI
E DEI TORRENTI.

DEL MODO

DI DIRIGERE E REGOLARE

IL CORSO DEI FIUMI E DEI TORRENTI

TRATTATO

DI FRANCESCO FOCACCI

PROFESSORE DI MATEMATICA E D' IDRAULICA
NELL' IMP. E REALE ACCADEMIA DELLE BELLE ARTI
DI FIRENZE
E PROFESSORE DI MECCANICA
NELL' IMP. E REALE CONSERVATORIO
D' ARTI E MESTIERI
UNITO ALLA MEDESIMA ACCADEMIA.

Ponere aquis leges, divinum est

FIRENZE
APPRESSO NICCOLÒ CARLI
M. DCCC. XI.

1855 Aug 1
Gift of
George B Emerson
of Boston

A SUA ECCELLENZA

IL SIG. CONTE

NERI CORSINI

CONSIGLIERE DI STATO

E MEMBRO DELLA LEGION D'ONORE

Eccellenza

Se ambisco di fregiare questo mio piccolo lavoro con tanto Nome, non è ciò senza ragione, potentissima essendo la forza della mia gratitu-

dine per i beneficj, de' quali mi ha sempre ricolmato l' Eccellenza Vostra, ed altissima l'estimazione, che al par di tutti io professo, de' rari meriti, e de' pregi singolari, che sì eminentemente l' adornano. I lunghi ed indefessi miei studj, ed i risultati che ha ottenuti la loro applicazione alla pratica, mi fanno ad ogni istante sovvenire, che io debbo agli incoraggimenti ed alle premure, che si è data sempre per me, tutto quel profitto, qualunque siasi, che fare ho potuto nell' Idraulica Scienza. Ella mi ha esortato a prendere questa carriera, ha cooperato al mio stabilimento non solo, ma risentire in ogni tempo ancora mi ha fatto i vantaggiosi effetti di Sua

instancabile protezione; e benchè avvolta fra cure maggiori, ed occupazioni di grandissimo rilievo, come quelle che han per iscopo il pubblico bene, si è degnata perfino, con tratto veramente di animo generoso e benefico, di volgere uno sguardo favorevole ad altre mie produzioni: perlochè, se vengo adesso ad offrirle il presente mio scritto, altro non fo se non se tributarle il frutto delle Sue beneficenze, e darle in omaggio ciò che le appartiene.

Me felice, se mi sarà concesso di potere ottenere dall' Eccellenza Vostra un benigno compatimento, e se potrò colla tenue offerta, che le presento, dimostrare appieno a

tutto il Mondo, quanto sia grande la mia riconoscenza, e quanto fedele e costante quella servitù, colla quale ho l'onore di protestarmi con ossequioso rispetto, e profonda venerazione

Di Vostra Eccellenza

Devotiss. ed Obbligatiss. Servitore
Francesco Focacci.

PREFAZIONE

In ogni tempo presso tutte le culte Nazioni si pose ogni studio per allontanare, e fuggire i mali cagionati dai Fiumi e dai Torrenti. A poco a poco, e come per gradi, cominciò a conoscersi, che il movimento delle acque è regolato con certe leggi: l'osservazione e l'esperienza le discopersero, e la Geometrìa, ed insieme i principj della Meccanica chiamati in soccorso, ne assicurarono la verità, e ne calcolarono gli effetti. Così la dottrina dei Fiumi divenne una parte cospicua della nuova Filosofia. Diverse Opere insigni vennero ricevute con applauso universale, e gl' Italiani (fra i quali sempre grandeggia il *Guglielmini*), si distinsero e si segnalarono infinitamente, siccome il Sig. d' *Alembert*, e perfino altri Scrittori Francesi confessarono con ingenuità singolare.

Per altro una dolorosa esperienza dimostra, che ancora siamo assai lontani dall' aver trovato adequati rimedj per porre un ostacolo a tutti i disastri, che i Fiumi arrecano con le loro escrescenze. La Teorìa e la Pratica, con l'aiutarsi a vicenda, sono le sole che possano somministrarci dei lumi sufficienti a farcene conoscer le cause, ed a porci in grado di prevenirne con sicurezza i lacrimevoli effetti. Dice giudiziosamente *Belidor*, che i Libri soli non formano i gran Maestri, e che vi è bisogno di maggiori cognizioni teoriche e pratiche di quello che ognuno possa immaginarsi, per essere in grado di ordinare opportunamente i lavori propri a rimuovere i mali presenti, non meno che a prevenir quelli, dai quali si può essere minacciati.

I Proprietarj sovente, trascurando, o non conoscendo i lumi dell'una e dell'altra, cospirano essi medesimi ai propri danni, mentre o per vanità, o per ignoranza, o per ristrettezza di assegnamenti, fanno eseguir lavori, che aprono la strada a nuove disgrazie. I Contadini, i Fattori, e le Persone poco capaci delle quali si servono

essi più comunemente, operano secondo il loro capriccio, e con troppo scarsa intelligenza. Questi, mentre pensano a riparare, in qualche situazione del corso di un Fiume, i danni sovrastanti alle Case e Campi contigui al di lui letto, propagano il male nelle adiacenze, ed ancora in parti distanti e remote, collocando male a proposito Argini e Ostacoli, facendo Scavi e Curvature, e promuovendo Battute, Rotte, e Corrosioni dannosissime.

Accrescono talvolta assai più il detrimento e discapito coloro, che senza il corredo di buone cognizioni, presiedono a' lavori idraulici in figura di Periti (1).

---

(1) Piacemi di quì riferire le seguenti osservazioni, fatte su tal proposito dal celebre *Zendrini* nella Pref. al suo Trattato *delle Leggi* e *Fenomeni, Regolamenti, ed Usi dell' Acque correnti*. „ Bene è vero, che vorrei che i Periti fossero non di quelli descritti dal *Cabeo*, ma che studiassero di esser veramente quali gli voleva *Vitruvio*, voglio dire, che nè essi intraprendessero tal professione, nè i Principi o Maestrati permettessero loro l'esercitarla senza lo studio delle Matematiche elementari, comprendendo sotto di queste la *Geometria di Euclide*, l' *Aritme-*

Eglino con brusco viso e severo ciglio si presentano come persone intelligenti, e perchè sanno mediocremente disegnare sulle carte, credono che dalle loro teste possa uscirne Pallade armata. Persuasi taluni che poche e mal connesse cognizioni bastino a formare un buono Architetto, o un esperto Ingegnere, eccitano ad applicarsi a tal Professione quei Giovani, che di natura sono inadatti ai buoni studj, e sforniti d'ingegno, siccome osservò graziosamente

---

tica, e i principj dell' *Analisi*... Per le miste Matematiche poscia dovrebbe il Perito bene intendere le Meccaniche, che comprendono tutta la dottrina dei Pesi, delle Potenze, delle Resistenze, e degli Equilibrj tanto de' solidi che de' fluidi, in somma si vorrebbe che si accostassero ad *Epistemio* e *Filalete* di quel dotto Dialogo *circa all' Arno e le Acque della Valdinievole*, e non già a quel buon *Chirocrate*, terzo interlocutore del medesimo Dialogo, ed allora non punto difficile riuscirebbe l'intendere o questo, o altri Trattati circa alla dottrina delle Acque, ed il Pubblico, ed il Privato sarebbero meglio serviti, ed allora non si commetterebbero di quegli errori, che pur troppo si scorgono alla giornata succedere, e nella stima che si concilierebbero presso dell' universale, resterebbe del pari promossa la loro riputazione, ed avanzato il loro interesse. »

uno Scrittore dicendo, *si duri fuerit puer ingenii, Praeconem facias aut Architectum.*

In mezzo a tali considerazioni, ed a tante altre ancora che mostrano le difficoltà, ed i pericoli, che spesso s' incontrano, trattandosi del regolamento dei Fiumi, ancor io ardisco di esporre i miei riflessi, bramando, che possano riuscire utili e fruttuosi. Feci già varie prove per ritrovare la Media Velocità delle Acque Correnti. Altre ne proposi per investigar l'Influenza degli Attriti sul movimento delle Acque fluenti sopra fondi coperti di materie diverse, e sopra il modo di conoscere i Cambiamenti, che han luogo nelle Altezze e Velocità delle Acque correnti, coerentemente all'aumento e decremento delle Masse, o Volumi delle medesime. Tanto sopra l'Arno, quanto in altri Fiumi e Torrenti, ordinai, e feci eseguire alcuni lavori con successo felice.

Frutto di varie Esperienze, Osservazioni, e considerazioni è il presente Scritto, che ho diviso in tre Parti.

Considerati nella Prima Parte gli Alvei, per ciò che riguarda le loro proprietà più

generali, ed indicate le Operazioni necessarie a mantenerne la regolarità, e ad agevolar per essi il movimento delle acque, espongo nella Seconda i mezzi onde conoscere e valutare gli effetti della corrente contro gli Argini ed altri Ostacoli, non meno che quanto concerne la costruzione, forma, e dimensioni dei medesimi, all'oggetto che abbiano la forza e consistenza necessaria in riguardo alla loro destinazione. Nella Terza finalmente propongo il Tentativo per ristringere ed incassare i Fiumi, ed i Torrenti in Alvei determinati, per opera principalmente delle acque dei medesimi.

Era mia intenzione di non far uso di Formule, o Calcolo Analitico, in tutto questo Trattato, affine di renderlo generalmente intelligibile a tutti quelli, ai quali possa interessare di conoscere, quanto essenzialmente richiedesi, per potere occuparsi utilmente nel buon regolamento del Corso dei Fiumi, e dei Torrenti. Ma non ho potuto però dispensarmi dal prevalermene per la Seconda Parte, a motivo di dare maggior generalità e precisione

alle Ricerche, che formano il soggetto della medesima. Contuttociò, chiunque sarà capace d'intendere quanto si contiene nella Prima e Terza Parte, nelle quali non incontransi dimostrazioni algebraiche, sarà altresì in grado d'intendere della Seconda tutto quello che potrà occorrergli per la pratica, osservando solo ciò che si avverte al Cap. I., nei paragrafi LXII., LXXII., LXXXIX., XC., XCI., e XCIII., alla nota del §. LXXXII., ed all'Appendice, che segue alla medesima, ove non han luogo operazioni analitiche.

Sottopongo al giudizio del Pubblico i miei riflessi, che ho esposti con la mira soltanto di cooperare al pubblico bene, e col desiderio di ritrarre dal giudizio dei Saggi istruzione, ed ammaestramento.

DEL MODO
DI DIRIGERE E REGOLARE
IL CORSO
DEI FIUMI E DEI TORRENTI.

More vastissimi Fluminis aliis spatia tollit, aliis rura concedit. Cassiod.

PARTE PRIMA

CONSIDERAZIONI SOPRA GLI ALVEI.

CAPITOLO I.

Degli Alvei.

§. I.

Le Piogge, le Nevi, le Nebbie, le Rugiade, e generalmente tutti i vapori, che si sollevano tanto dalla superficie del Mare, che da quella della Terra, son le cause della conservazione delle Fontane, Pozzi, Laghi, Fossi, Torrenti e Fiumi, ed in generale di tutte le Acque, che circolano dall' Atmosfera alla superficie del Globo, e nei primi Strati, o Suoli del medesimo.

§. II.

Nelle Montagne, in cui son più frequenti le Nebbie e le Rugiade, e più abbondanti le cadute delle Piogge e delle Nevi, ivi s'incontrano con maggior frequenza le Sorgenti ed i Ruscelli; e questi col riunirsi in numero maggiore o minore nelle adiacenze più basse, danno cominciamento ai Torrenti ed ai Fiumi, a motivo delle nuove Acque, che successivamente si accumulano, per la riunione di più Torrenti e Fiumicelli in un solo *Letto*, o sia *Alveo* (1).

(1) La certezza di non trovarsi alcun Fiume tra quelli che si conoscono, il quale sia formato da una sola ed unica sorgente, ci assicura altro non essere tutti i gran Fiumi, se non se la riunione, o il complesso di un numero maggiore o minore di altri, che scaricando in essi le proprie Acque divengono lor tributarj. Il Volga per esempio, prima di perdersi nel Mar Caspio, riceve circa 200. Influenti, tra i quali ve ne sono 32., o 33. assai grandi. Il Danubio pure ne riceve altri 200., 30. de' quali sono considerabilissimi. Il Don ne riceve 5., o 6; il Nieper 19, o 20; la Duina 11, o 12. Così in Asia l'Hoanho ne riceve 34, o 35; la Jenisca più di 60.; l'Oby altrettanti; l'Amour circa 40; il Kian, o Fiume di Nanchin, ne riceve circa 30; il Gange più di 20; l'Eufrate 11, o 12. In Affrica pure il Senegal ne riceve più di 20; il Nilo, in cui non sbocca verun Influente nel tratto di

§. III.

E' agevole da ciò il rilevare, quanto la costituzione fisica e metereologica di un paese grandemente influisca su i cambiamenti, che provano gli Alvei dei piccoli Fiumi e dei Torrenti, per causa delle variazioni, cui van soggetti i volumi delle Acque, che scorrono per i medesimi.

In quelle vaste regioni, ove il cielo è quasi sempre nuvoloso, ed ove le Acque non cadono mai in dirotta pioggia, ma bensì in forma di rugiade abbondanti, ivi non han mai luogo escrescenze improvvise o istantanee. Le Acque in tal caso, oltre all' essere assorbite in maggior copia nei primi strati della Terra, hanno altresì tutta la comodità di fluire e scorrere contemporaneamente dai Fossi nei Torrenti e nei Fiumi, senza pericolo alcuno delle Campagne adiacenti; mentre non può avvenire nei loro Alvei escrescenza notabile di Acqua: ma segue però totalmente il contrario, ove il cie-

---

circa 500. leghe dalla di lui foce, ne riceve ciò non ostante 12, o 13. assai grandi, l'ultimo dei quali è la Moraba. In America si contano il Fiume S. Lorenzo, il Mississipì, il Rio delle Amazoni ec. i quali ne ricevono in gran numero, e dei molto considerabili.

lo è quasi sempre purgato, o sereno. Ivi le Acque, cadendo regolarmente in certe stagioni, sogliono in poche ore discendere in tanta abbondanza, da pareggiar quelle, che cadono in più mesi nei luoghi, in cui il cielo è per l'ordinario oscurato. Allora le Acque che piovono, non avendo il tempo sufficiente per scendere nei Fossi, e scorrer per essi, a proporzione che scendono dai nuvoli, si accresce il loro volume per gli Alvei de' Rivi, e dei Torrenti: ivi allora si formano Frane e Corrosioni, le quali divengono tanto più nocive, secondo che le piogge son più abbondanti, e instantanee, e secondo che il terreno è più montuoso, più sterile, e meno rivestito di Alberi, Frutici, ed altre piante capaci di consolidarne la superficie.

§. IV.

Crede l'*Halley* (1) che le Acque, che cadono dall' Atmosfera nella Terra in forma di Pioggia, Neve, Rugiada etc. siano più che sufficienti a conservar quelle, che stagnano in varie parti della superficie del Globo, ed a mantenere le sorgenti, dalle quali principalmente i Fiumi hanno origine. Tal senti-

(1) Transact. Philosophiq. num. 192.

mento è sostenuto ancora dalle Osservazioni ed Esperienze, che su tal proposito furono immaginate da *Musschembroek* (1). Avendo egli osservato, che dalla superficie del Mare svaporano circa 29. Pollici d'Acqua per anno, o sieno Metri 0, 785., ne conclude, che tal quantità è alquanto maggiore di quella, che i Fiumi trasportano al Mare nell'istesso tempo di un anno.

Concorre ancora *Buffon* nell'istesso parere (2): esso infatti, dietro le tracce del *Keill*, mostra con calcolo molto probabile, che tutti i Fiumi del Continente insieme riuniti sarebber capaci di portar tant' Acqua, da riempiere l'Oceano in 812. anni. Dal qual risultato ne deduce come conseguenza immediata, che la quantità d'Acqua, che svaporar dee dalla superficie del Mare, e che i venti trasportar debbono sopra la terra, all'oggetto di mantenere i Fiumi, i Laghi, gli Stagni ec. non può esser minore di circa due terzi di Linea per giorno, o sia di 569 Millimetri per anno. Il che pare non lasci alcun dubbio sull'asserzione di *Halley*, mentre dal paragone dei 785. Millimetri d'Acqua

---

(1) Essai de Physiq. §. 1495.

(2) Histoire de la Terre tom. I. pag. 365.

evaporata in mesi 12. secondo *Musschembroek*, con i Millimetri 569., che abbisognano, al dire di *Buffon*, per la conservazione di tutti i Fiumi del Globo, ne risulta un avanzo di circa 217. Millimetri per anno.

§. V.

Tutti i Fiumi in generale nel loro principio non sono che piccoli Fossi, o Ruscelli (§. II.), i quali scendono irregolarmente dalle Montagne, senza legge, e quasi senza nome: ma a misura che si scostano dalle loro origini, il corso ne divien sempre più formidabile, e viepiù si fanno temere, subito che escono dalle Vallate, le quali circoscrivono i loro andamenti.

Questo è quel Punto in cui hanno principio le Irregolarità e Corrosioni per gli Alvei, e questo è il punto, da cui han principio le mie Considerazioni, per tentare di rinvenire i modi, con i quali si possa regolarne e dirigerne il corso per il tratto successivo, all'effetto di minorare i danni, che apportano nelle adiacenze per le quali decorrono.

§. VI.

L' indagare la Causa dello stabilimento

degli Alvei, Canali, o Letti (1) dei Fiumi, è stato sempre riguardato come la parte più importante della loro Teoria.

All' oggetto di stabilirla e fissarla con certezza, sarebbe necessario il conoscer la legge

(1) Il *Guglielmini* alla pag. 56. *Della Natura dei Fiumi*, Edizione di Bologna dell'anno 1697. dice, che *Alveo*, o *Canale* si chiama quella cavità dentro la quale esercitano le Acque il lor moto, dal principio superiore del corso sino al fine: che le parti laterali, che contengon l' Acqua ristretta, e sollevata di superficie a qualche altezza, si chiamanò *Sponde* o *Ripe*: che le Sponde, o sono naturali, o artificiali che si chiamano *Argini*. Poi segue alla pag. 57. „ I Fiumi, che hanno bisogno d' Argini, hanno anche, per lo più, distinte le sponde in più parti, osservandosi che tra gli Argini, (che sono l'ultime sponde destinate a contener l' Acqua nella sua maggiore altezza) stà disteso un *Canale*, *che propriamente si dice Alveo del Fiume*, con le sue Ripe non tanto alte, che nell' escrescenze non sieno sormontate. Tutto il terreno, che sta fra detta Ripa, e l' Argine si chiama *Golena* o *Banca*. Dopo questa, immediatamente segue il *Piede dell' Argine*, la cui pendenza dalla parte della Golena si chiama *Scarpa Interiore*, e quella dalla parte della Campagna *Scarpa Esteriore*; siccome si chiama *Piano dell' Argine* la parte superiore di esso, e *Base dell' Argine* la somma delle due Scarpe, e del Piano; e *Ciglio dell' Argine* l'angolo, che forma la Scarpa col Piano di esso.

del movimento delle Acque per gli Alvei medesimi: ma siccome la conoscenza di tal movimento, dipende immediatamente dalla cognizione dei movimenti ed azioni parziali di tutte le molecole, componenti la Massa fluida, che tuttora ci è incognita affatto, così è chiaro, quanto tal Causa resti sempre involta in dubbiezze presso che insuperabili, non solo a riguardo dell'indicato riflesso, quanto ancora in veduta delle contradizioni tra i sentimenti e le osservazioni di Uomini insigni (1), i quali si sono occupati in tal ricerca.

§. VII.

Io per ora mi ristringerò soltanto alla Considerazione del corso dei Fiumi per gli Alvei attualmente esistenti, senza interessarmi delle Cause incerte della lor formazione, e delle quali può aversi piena notizia, osservando gli Autori di sopra accennati. Non mi occuperò neppure, nel presente Trattato, sulla determinazione generale della Legge, o scala delle Velocità delle Acque scorrenti per gli Alvei, o sia sulla Teoria del loro movimento, riserbandomi a farlo altra volta, qualora mi sarà riuscito

---

(1) *Guglielmini*, *Guettard*, la *Condamine*, *Saussure*, *Bernard ec.*

di condurre a termine quelli Esperimenti, che ho a tal effetto immaginati, l' andamento de' quali vedesi accennato in due Memorie, che sono inserite negli Atti della Società Italiana delle Scienze (1). Ivi per altro non ho fatto che esporre il Metodo, per cui si perverrebbe a tale scopo, senza molto diffondermi nello sviluppo delle tante conseguenze, che da quelle sole Esperienze potrebbero ritrarsi; lo che farò dopo aver dato alle medesime quell' estensione che io desidero, all' oggetto di consolidare e render più generali i risultati, che potrebber formare un fondamento inalterabile delle conseguenze indicate.

Frattanto potran determinarsi le Velocità delle Acque per i Letti Irregolari, e Ghiarosi, e per i casi, che possono occorrere in relazione del presente scritto, col mezzo di uno dei due Istrumenti, la Descrizione dei quali può vedersi negli Atti sopra citati (2), e con le indicazioni, che accennerò in seguito, all' oggetto di conoscere opportunamente il momento della corrente, a riguardo di qualche ostacolo, il qual si frapponga in qualunque modo alla direzione del movimento della medesima.

---

(1) Tom. XIII., e Tom. XV.
(2) Tom. XIII.

Ho detto di ricercarsi le Velocità delle Acque, col mezzo di uno dei due Istrumenti soltanto per gli Alvei irregolari e ghiarosi, poichè avrem luogo di vedere in seguito (*Appendice alla Parte seconda*) come le Velocità dei Fiumi di corso regolare, e di lieve pendenza, potran convenientemente desumersi mediante adattati confronti delle loro velocità superficiali con le velocità, che siensi per una sol volta rinvenute con uno dei due Istrumenti accennati, dalla *Superficie* al *Fondo* di un' Acqua scorrente per Canale consimile.

§. VIII.

Per conoscere in tanto gli effetti delle Acque, che scorrono per gli Alvei in generale, credo bene di osservare la posizione, che la natura assegna ai medesimi.

Dice su tal proposito *Buffon* (1), che quelli (parlando della situazione degli Alvei) occupan sempre le parti più basse delle Vallate, le quali ne determinano l' andamento, e che deviano soltanto dal mezzo delle medesime, in ragione della diversa inclinazione, che hanno le opposte Colline e Montagne, dalle quali son rifasciati, accostandosi sem-

(2) Théorie de la Terre. tom. II. pag. 44.

pre alle parti, che hanno maggior pendenza?
„ Pour l'ordinaire les Rivieres occupent le milieu des Vallées, ou plutôt la partie la plus basse du terrain compris entre les deux Collines ou Montagnes opposées. Si les deux Collines, qui sont de chaque côté de la Riviere, ont chacune une pente à peu près égale, la Riviere occupe à peu près le milieu du Vallon, ou de la Vallée intermediaire; que cette Vallée soit large ou étroite, si la pente des Collines ou des Terres élevées, qui sont de chaque côté de la Riviere, est égale, la Riviere occupera le milieu de la Vallée. Au contraire, si l'une des Collines à une pente plus rapide, que n'est la pente de la Colline opposée, la Riviere ne sera plus dans le milieu de la Vallée; mais elle sera d'autant plus voisine de la Colline la plus rapide, que cette rapidité de pénte sera plus grande que celle de la pente de l'autre Colline. L'endroit le plus bas du terrain, dans ce cas, n'est plus le milieu de la Vallée; il est beaucoup plus près de la Colline, dont la pente est la plus grande; et c'est par cette raison, que la Riviere en est aussi plus près. Dans tous les endroits où il y a, d'un côté de la Riviere de Montagnes ou de Collines fort rapides, et de l'autre côté des Terres élevées en pente douce, on trouvera

toujours, que la Riviere coule au pied de ces Collines rapides, et qu'elle les suit dans toutes leurs directions, sans s'écarter de ces Collines, jusqu'à ce que de l'autre côté il se trouve d'autres Collines, dont la pente soit assez considérable, pour que le point le plus bas du terrain se trouve plus éloigné, qu'il ne l'étoit de la Colline rapide. „

§. IX.

E' ben raro, che i Fiumi non occupino sempre le parti più basse delle Vallate, le quali traversano, ogni qualvolta posson decorrere liberi e indipendenti dall' interesse, e talora dal capriccio degli uomini. Ma se più comunemente succede, che questi a circostanze uguali, stabiliscano il loro corso presso le Ripe corrispondenti al maggior pendìo del terreno adiacente (1), ciò proviene, perchè le Acque, in tempo di Torbide, non potendo sormontarne le sponde, o come suol dirsi straripare da tal parte, ivi si sollevano da vantaggio, ed acquistano perciò maggior forza, per corrodere e vuotare il fondo lungo le medesime.

---

(1) Ovid. Metam. lib. 2.
Fluminaque obliquis cinxit declivia ripis.

Questo pure è il motivo, per cui in tutti i siti, ove le Ripe formano dei gomiti, o prominenze, si osservano dei gorghi tanto più profondi, quanto, poste eguali le altre cose, le sinuosità sono più rilevate, e più dirupate le Sponde. La semplice osservazione è bastante ad assicurarci di tal verità.

§. X.

Nei Fiumi poi, che nelle Escrescenze possono agevolmente spandersi, e dilatarsi oltre i suoi proprj Letti, non si osserva che accadan mai nei loro Alvei alterazioni sensibili. Sembra che le Acque s' irritino per gli ostacoli, ed impedimenti, che incontrano nel decorrere, giacchè si osserva esser queste tanto più d'appresso i medesimi ostacoli, quanto più difficilmente possono vincerli o superarli.

§. XI.

Ma se patente è la ragione, per cui le Acque dei Fiumi si accostano alle Ripe di maggiore elevatezza e pendenza, molto più chiaramente s' intende, perchè dalle medesime non si tenga nel correre la linea retta, quale, come più breve, dovrebber seguitare dal cominciamento al loro termine, se non vi si frapponessero impedimenti.

Le Pietre infatti più o meno grosse, le Ghiaje, le Arene, e tutte le materie, che le acque trasportano, sono le principali cause dell' irregolarità degli Alvei. Queste materie, come diversissime nella forma, e nella loro specifica gravità, restano abbandonate irregolarmente negli Alvei; ed a proporzione che la celerità diminuisce, obbligano esse il Filo della Corrente a cambiar direzione, e ad urtare, e corroder perciò l'una e l' altra Ripa.

A misura che tali Corrosioni si accrescono, si accumula la materia che l'Acqua trasporta, si aumentano le deposizioni, perchè diminuisce la velocità della Corrente col moltiplicarsi gli attriti (1), e la linea del cammino; e si dà luogo così a maggiori tortuosità, ed in conseguenza ad un maggior riempimento dell' Alveo, ed all' aumento dei guasti. La maggior parte dei Fiumi, che irrigano le più belle Campagne dell' Etruria, ce ne presentano un' imagine più o meno funesta.

---

(1) Vedasi la Memoria, che ho inserita nel tomo XV. degli Atti sopra cit.

§. XII.

Tutti i Fiumi generalmente parlando, si vedono scorrere per molti Piedi al di sopra del piano delle campagne adiacenti, alle quali cagionano molti ed ancora incalcolabili danni, sia col non permetter che in quelli abbiano ingresso gli scoli delle Acque piovane, sia con le frequenti rotte, che accadono, ora in questa ed ora in quella parte, ingombrando miseramente estensioni ubertose con immensa copia di Sabbie e di Ghiaje.

CAPITOLO II.

Correzioni da farsi agli Alvei, per tentar di rimuovere il pericolo delle Rotte.

§. XIII.

„ Il est bien plus sûre, *dice Belidor* (1) „de remedier aux causes fâcheuses, en les detournant, que de s'opiniâtrer a vouloir en empêcher les effets „. Questa è massima generale di tutti gl' Idraulici, la quale avendo avuto origine dalle Osservazioni, è stata in se-

(1) Architecture Hydraulique tom. IV. pag. 291.

guito comprovata e fissata dall' Esperienza, e dal Fatto.

§. XIV.

Il migliore ed ancora unico compenso, per quanto a me pare, che potesse proporsi per allontanare affatto i mali già indicati, cioè quelli i quali derivano dai Fiumi, che scorrono al disopra del piano delle Campagne, sarebbe quello di addirizzare, ed incassare i loro andamenti.

Ma questa, oltre all'essere un operazione eccessivamente costosa, e difficilissima ad eseguirsi, non potrebbe proporsi se non se per i Fiumi, il corso de' quali fosse già divenuto uniforme e regolare: Essa perciò non sarebbe eseguibile nei Torrenti o Fiumi, i quali scorressero in ghiaja, e dai quali attesa l'irregolarità del lor corso, se ne risentono i maggiori disastri.

Così tale operazione non potrebbe convenire ai Fiumi Toscani, mentre questi conservan sempre le qualità dei Torrenti, ad eccezione di pochi Miriametri presso le Foci dell' Arno, e dell' Ombrone Senese.

Riguardo a questi, avverte il *Guglielmini*, che non solo il total cambiamento degli Alvei, ma ancora la semplice rettificazione e

riunione dei Fiumi scorrenti sempre in ghiaia, è un' impresa di esito incerto, stante le gravi difficoltà provenienti dalle dubbiezze che insorgono, tanto a riguardo della poca solidità delle regole, che dell'applicazione delle medesime. Così il Sig. *Corradi* ed altri, han riguardata per maggior difficoltà di un Progetto, quella di tagliare gl'Influenti ove scorrono in ghiaia.

Eustachio Manfredi nel Parere dato nel 1718. sopra alcune Rettificazioni del piccol Reno, e segnatamente al taglio che proponevasi di fare al Trebbio, afferma, che l'esito di questa operazione nei Fiumi, che scorrono in ghiaia, è tanto incerto, da lasciar perfino il dubbio, che dopo le rettificazioni dei loro Alvei, possano temersi dei guasti ancor maggiori di quelli, che con tal mezzo tentavasi di evitare e rimuovere.

„ Due cose, egli dice, son da osservarsi intorno a queste operazioni. La prima, che trattandosi di tagliare in un sito dell'Alveo ove il Reno corre in ghiaia, non si può compromettere del nuovo successo con quella moral certezza, che pare che possa aversi negli altri tagli, dove egli non porta che sabbia; essendo quella una particolarità ben nota dei Fiumi ghiarosi, di non accomodarsi

per lo più a quelle strade, per le quali si procura di condurli; oppure accomodandovisi, di non abbandonarle di nuovo, ed aprirsi altro cammino, rendendo alle volte inutili tutti gli sforzi dell' arte, ed inutili tutte le spese impiegate nel formarli. La seconda riflessione nasce anch' essa dalla medesima circostanza della ghiaia, che porta il Fiume, e che sebbene l' abbreviamento considerabile della linea par che debba promettere un proporzionale abbassamento del fondo superiore, questo buon effetto può restare in gran parte distrutto, dallo spingersi che farà la ghiaia più avanti di quel sito, fin a cui ora si spinge; dal che verrà per necessità qualche elevazione del fondo inferiore al Taglio, e qualche minore abbassamento del superiore; nè in una materia sì ardua è facile fare un prognostico accertato di quello che possa accadere in universale, intorno allo stabilimento del fondo di sopra e di sotto al luogo del Taglio, cioè se sia per prevalere in universale l' incomodo o il benefizio. „

§. XV.

Qualora le circostanze esigano il dare nuova direzione ad un Fiume, il quale non potesse più contenersi nel vecchio sito, allora,

premesso, come avverte il *P. Frisi* (1), d'intender la Natura ed imitarla sempre con l'Arte, potranno aver luogo le seguenti Avvertenze, e secondo il comun sentimento dei migliori Idraulici sarebbe necessario:

I.° Immaginare il nuovo Corso, combinando con la maggiore economia le vedute del miglior successo del lavoro da intraprendersi. Si dirigerà altresì per quanto sarà possibile, il nuovo letto in linea retta. Questa attenzione servirà per la conservazione delle Ripe, e ad assicurar loro, per così dire, una stabilità più certa e permanente.

II.° Situare il nuovo Alveo nella parte più bassa dell'estensione, per cui dee formarsi il Taglio, all'oggetto di provvedere, per quanto è possibile, tanto al bene del Pubblico, che a quello dei Privati, dando alle Acque dei luoghi adiacenti lo scolo il più pronto.

III.° Stabilire le dimensioni dello scavo coerentemente a quelle, che la natura darebbe a tal Fiume. Conviene, come ciascuno intende, che lo sterro sia proporzionato al volume delle Acque (2): altrimenti, o quelle non vi en-

---

(1) Del modo di regolare i Fiumi, e i Torrenti principalmente del Bolognese, e della Romagna.

(2) Qualora il terreno sia facile ad esser corro-

trano, o incontrando uno spazio più esteso del loro bisogno, oltre la perdita di maggiore estensione di suolo, si promuovono varie irregolarità dell' Alveo. Queste con l'alterare il movimento diretto del Filo della Corrente, cagionerebbero corrosioni nell'una, e nell' altra Ripa.

IV.° Abbassare il fondo dell'Alveo sino al livello del pelo più basso del Mare, o del Fiume in cui debba sboccare, all'oggetto di impedire l' accelerazione del movimento in quest' ultimo tronco (1), per causa della chia-

---

so, basterà scavare a tutta misura i primi tratti del Taglio, ed accennarne o abbozzarne la traccia nel tratto successivo: potrebbesi cioè formar tale sterro a guisa di Piramide, la base della quale corrispondesse verticalmente all' imboccatura del nuovo Alveo; mentre le Acque nel cominciare a fluirvi, lo perfezionerebbero da loro stesse. In caso diverso, non potendosi sperar tal soccorso da quelle, converrà scavarlo nelle intiere dimensioni, che gli convengono. In tal circostanza dovrà incominciarsi l'escavazione dallo sbocco, o parte inferiore; onde l'Acqua delle Sorgenti o Polle, che per lo più s' incontrano scavando nei luoghi bassi, ed in vicinanza dei Fiumi, abbia un pronto scolo, e non impedisca la continuazione del lavoro.

(1) Chiamano gl' Idraulici *Tronco* una porzione del corso di un Fiume.

mata dello sbocco, onde evitar così il pericolo, che si aumenti in tal parte la larghezza della sezione, che si conviene alla portata del Fiume.

V.° Usare ogni diligenza per la Costruzione degli Argini (vedansi i §§. XXIX., XXX., XXXI., e XXXII.), affine di proporzionare la loro altezza, grossezza, e distanza dalle respettive Ripe, con la qualità della terra onde son fatti, col loro avvallamento successivo, con le straordinarie piene, e specialmente con quelle prime, le quali riuscirebbero maggiori, sintanto che le Acque non abbian purgato il loro cammino.

VI.° Procurare che il Filo dell'Acqua entri comodamente nel nuovo corso. Se ciò non potesse ottenersi per qualche causa, allora bisognerebbe riparare tale inconveniente, o col dilatar di più l'imboccatura, o col suddividere le Acque del vecchio tronco, all'oggetto di facilitar loro l'ingresso pel nuovo Alveo.

VII.° Similmente si dovrebbe avvertire di regolar lo sbocco nel Mare, o nel Fiume nella miglior maniera, per evitare più che sia possibile il riempimento nell'imboccatura, il quale potrebbe aver luogo, o stante il conflitto delle correnti, o stante le maree e venti, che ne investissero la foce.

§. XVI.

Quando poi si volesse assegnar nuovo corso ai Torrenti precipitosi (1), che attesa la strana ed incostante loro natura ci arrecano i danni maggiori, allora dovrebbonsi unire alle avvertenze predette ancor le seguenti.

I.° Assegnare al fondo del nuovo corso la minima larghezza possibile.

II.° Procurare che l'Alveo abbia la massima pendenza, o sia che secondi la linea più breve.

III.° Dare alle Ripe, ed agli Argini la massima possibile dilatazione.

In tal caso lo scavo potrebbe proporzionarsi assai più facilmente alle grandi e piccole escrescenze: ed in tal guisa le Acque ne' loro diversi stati avrebber l'altezza e velocità necessaria, per mantenere libero da qualunque intoppo il loro cammino.

§. XVII.

Crescono le difficoltà per formare nuovi Alvei, qualora si tratti di riunire due, o più Fiumi in un letto solo.

---

(1) Ovid. de Remed. Amor. Lib. 2.
» *Flumine perpetuo Torrens solet altius ire;*
Sed tamen haec brevis est, illa perennis Aqua.»

Il vario corso dei medesimi, le diverse terre che traversano, il precipitarsi da montagne più o meno ripide, e più o meno coltivate (§. III.), sono oggetti per i quali i diversi Influenti discordan fra loro, non solo nella varia combinazione delle piene, ma ancora nella quantità delle Acque, e nella qualità delle materie trasportate (1).

---

(1) Pour faire connoître (dice *Belidor* alla pag. 285.) les différentes causes des dommages qui arrivent aux Fleuves, nous commencerons par examiner les effets des grosses Pierres qu'ils entraînent, lorsqu'ils reçoivent celles, que le vent ou la pluye détachent des Montagnes adjacentes, sans parler des autres, qui se tirent quelquefois de leurs Rives, et même de leur propre fond; mais sans nous mettre en peine d'où elles proviennent, il suffit de sçavoir que nombre de Fleuves en charient sans que cela doive surprendre. Comme les Corps plongès dans l'Eau pesent moins que dans l'Air de tout le poids du volume d'Eau dont ils occupent la place, s'il arrive par exemple qu'une Pierre d'une masse equivalente à celle d'un Pied cube pese 120. Livres dans l'Air, elle ne pesera plus que 50 dans l'Eau; ainsi dès que le courant sera capable par son choc sur la surface de cette Pierre, d'une impression superieure à la resistance qui lui reste, il la fera rouler devant lui dans le milieu, si la rapidité y est plus grande qu'ailleurs, comme nous continuons de le supposer.

L' inegual distanza della loro origine, e la moltiplice, ed accidental caduta delle piogge, e la disgrazia dei temporali, obbligano i medesimi a portare al comun tronco le respettive torbide in tempi assai differenti. Tali torbide incontrandosi separatamente in un Al-

---

„ Il ne sera de même pour toutes les autres Pierres plus grosses ou plus petites que la précédente, observant que ces dernieres seront poussées avec plus de véhémence que les autres, non pas pour être plus légeres, puisque si elles sont de même qualité, leur pesanteur specifique sera toûjours dans un rapport égal avec celle de l' Eau; mais parce qu' ayant plus de surface à proportion que de masse, elle donneront plus de prise au courant.

„ Cela posé, si un Fleuve réguliérement dirigé, dont le fond est supposé par tout d' une résistence plus grande, que l'Eau n' a de force pour le ronger, vient à charier des Pierres de différente grosseur, il n' y a point de doute qu' après avoir fait un certain chemin, les unes plus les autres moins, en suivant toûjours le fil de l' Eau, si elles viennent à rencontrer quelques obstacles, le courant ne les détourne sur les côtés, selon la détermination que feront naître les surfaces choquées. Ainsi déposées par intervalle, le Sable et le Gravier s'y amassant, formeront à la longue, sur tout dans le temps des basses Eaux, des atterrissemens en maniere de plan incliné, dont la pente ira des Rives vers le milieu du Lit. Alors l' Eau, ètant forcée

veo più largo del loro respettivo bisogno, ivi perderebbbero parte della loro velocità, ivi deporrebbero una maggior quantità di materie, che seco trasportano; e presto così resterebbe scomposta la regolarità del corso, e turbato il primiero sistema. (§. XV.)

§. XVIII.

Quando si tratta di formar nuovi Alvei per contenere e raccogliere i Fiumi portanti materie diverse sì per la forma, come per la specifica loro gravità, manca, secondo il *Guglielmini*, una regola generale e certa. Egli avverte, che il principiare l'operazione dagli ultimi Influenti, potrebbe unicamente somministrarci un qualche barlume in una materia cotanto incerta e dubbiosa. Ecco le di lui stesse parole (1): ,, Un sol metodo vi è, che possa dare qualche barlume in materia così ardua, ed è, di considerare l'Inalveazione gradatamen-

---

de se réunir dans le fond le plus bas, ne coulera plus qu'en serpentant, sans pouvoir comme auparavant se diriger en ligne droite vers le terme où elle doit se rendre, mais les choses n'en resteront point là; car si le Berges sont composées de parties faciles à détacher, elles deviendront tortueuses autant et plus que le fond.

(1) Della Natura de' Fiumi. Cap. XIV. pag. 401.

te, come se si dovesse inalveare solo l'ultimo Fiume al termine preteso, e vedere ciò che sia per riuscirne. Indi figurandosi fatta questa Inalveazione, qualvolta sia ella possibile, o in istato di poter migliorarsi con l'unione di un altro Fiume, e cercare qual'esito avrebbe l'introduzione del Fiume immediatamente succedente nell'Alveo del già detto; e parendo che questa sia riuscibile, passare alla considerazione del terzo, e così successivamente sino al Fiume principale; e quando si trovasse che ad uno ad uno dassero speranza di buona riuscita, allora in caso di precisa necessità, potrebbe farsi l'Inalveazione del Fiume inferiore, ed aspettarne il successo, il quale corrispondendo al figurato, si potrebbe passare all'Inalveazione dell'altro; e così progredire, osservando sempre, prima d'intraprendere nuova operazione, il successo della precedente; e trovando qualche effetto non pensato a svantaggio dell'Inalveazione, segno sarà di essere arrivati a quel termine, che la natura permette; e conseguentemente non sarà buon consiglio l'avanzarsi più oltre. „

§. XIX.

Nel caso che i Fiumi da riunirsi portino materie omogenee, e successivamente men gravi di quelle del Fiume recipiente, ed abbiano almeno per la maggior parte le piene contemporanee, allora potrebbe farsene la riunione con sicurezza di buon successo. In tal caso le Acque raccolte insieme, avendo bisogno di minor pendenza di suolo, per iscorrere nel recipiente, con l'istessa facilità, con cui scorrevano avanti la loro riunione, conforme han mostrato *Guglielmini*, *d'Alembert*, *Grandi*, *Zendrini*, ed altri, son le medesime sufficienti, a circostanze eguali, a correggere, rimuovere, ed appianare il ringorgo di quei Confluenti, i quali avessero anticipato il loro arrivo al tronco comune.

Anzi il *Guglielmini* in simili circostanze, oltre al riguardar l'impresa di un esito sicuro, crede che con tal riunione possa contribuirsi al maggiore e più sollecito incassamento del Fiume recipiente, per causa dell'aumento di velocità che avviene nel medesimo, come ha dimostrato nella prima Proposizione, e seguenti del Cap. IX.; e quindi giudica, che con tal mezzo si possa rimuovere il pericolo delle inondazioni minacciate, scorrendo con le

Acque proprie soltanto (1). „ Se si darà il caso, egli dice, che i Fiumi da unirsi in un solo letto portiiro tutti materia omogenea (per esempio, Arena ec.) nel sito dell' unione, e che quello, che ha da ricevere gli altri, abbia caduta, e forza sufficiente a spingerla sino al suo termine, e che la situazione della campagna concorra a mantenerlo incassato, sarà di esito sicuro la nuova inalveazione; perchè essendo l' unione di più Acque correnti, cagione di maggior profondità negli Alvei, e di maggior bassezza nelle massime piene, ed inoltre rendendosi con ciò minore la necessità della caduta dell' Alveo; manifestamente ne segue, che quel pendìo, che basta ad un solo Fiume, sarà tanto più bastevole a molti uniti insieme; e se il piano di campagna può tenere incassato il primo, potrà essere molto più capace di tenerne incassati molti: anzi, quando nell' inalveazione di un solo Fiume, si potesse dubitare di qualche piccolo danno, dipendente dalla soverchia altezza del fondo, l' accoppiamento di altri potrebbe esserne il rimedio. „

Così pure d'*Alembert* (2) è di sentimento, che

---

(1) Ivi Cap. XIV. pag. 397.

(2) Encyclop. Artic. Fleuves.

con la riunione di più Fiumi in un solo Alveo possan diminuirsi, ed ancor rimuoversi affatto, in qualche circostanza, le inondazioni di quel Fiume, di cui gli altri si faccian divenir tributarj: „ On peut diminuer ou arrêter quelque fois les inondations d'une Riviere, non en y faisant des Saignées, mais en y faisant entrer une autre Riviere, parce que l'union des deux Rivieres les fait couler l'une et l'autre plus vîte „.

§. XX.

L'esperienza per altro ci avverte, che la velocità del Fiume recipiente (supposta la capacità del di lui Alveo quasi che eguale a quella spettante agli Alvei degli altri Fiumi suoi tributarj), non si accresce precisamente in proporzione delle Acque, che vi scaricano i varj Influenti. Questa minor celerità dà luogo necessariamente ad un aumento di altezza nel Fiume, in cui scorrono riunite; e per necessaria conseguenza a dover rialzare proporzionatamente gli Argini del medesimo, onde non restino sormontati, e troncati.

Risulta dalle osservazioni, che entrando in un Fiume già gonfio per le sue Acque, altri Fiumi capaci di raddoppiare, triplicare,

quadruplicare ec. la massa, o volume delle medesime, la di lui altezza viva, supposta divisa in 278. parti eguali, si accresce coerentemente ai numeri 11., 26., 62. ec., conforme rilevasi dalla Memoria, che pubblicai nel Tom. XV. degl' Atti della Società Italiana delle Scienze altra volta accennata (§. VII.). Perciò, o bisognerebbe avvertire di aumentar l'altezza degli Argini del Fiume recipiente nell' indicata proporzione, oppur di accrescer convenientemente la larghezza del di lui letto, affine di evitare il traboccamento delle Acque scorrenti per esso, è di prevenirne in tal guisa le Inondazioni e le Rotte.

§. XXI.

Ma qualora i Fiumi non portino alla confluenza materie omogenee e di egual forma, (come accade nella generalità dei medesimi) dee la riunione di questi considerarsi al sommo difficile (§. XVIII.). In tal contingenza per ordinario qualunque sostanziale sconvolgimento dell' antico lor corso, dee riputarsi come compenso per i casi disperati, al quale si ricorra quando gli altri tentativi sieno rimasti infruttuosi.

Neppur degli antichi Romani, che ci lasciarono tante illustri opere di Aquedotti, di

Canali navigabili, di Paduli bonificate ec., si ha notizia che tentassero simili imprese ancor nei tempi più floridi della Repubblica. Anzi si legge in *Tacito* (1): „ Optime rebus mortalium consuluisse naturam„ quae sua ora Fluminibus, suos cursus, atque originem, ita fines dederit; „ raccontando, che il Senato Romano si uniformò piuttosto al parere di *Pisone* „ qui nihil mutandum censuerat „ che al progetto di diversione di alcuni Influenti dal Tevere, per liberar Roma dalle frequenti inondazioni; quantunque all' istesso progetto fosse unito il voto di più Provincie, che ne restavano afflitte. Anche *Emilio Scauro*, al dire di *Strabone* (2) per asciugar le Acque del Pò, che stagnavano per le campagne adiacenti al di lui corso, e specialmente nel Piacentino e Parmigiano (per la qual cosa trovossi Annibale in non poche difficoltà, allorchè col suo Esercito passò nell' Etruria), altro non fece se non che aprire dei Canali navigabili per tutto quel' tratto di paese, che si estende da Piacenza a Parma, anzi che riunite in un solo Alveo, ricondurle nel Pò.

---

(1) Ann. lib. I.

(2) Geogr. Lib. 5.

§. XXII.

Uno dei mezzi onde apportar dilazione almeno, se non rimuovere affatto la necessità di dover formar nuovo Letto, consiste nell'addrizzare più che sia possibile il vecchio corso del Fiume.

In tal guisa si abbrevierebbe il cammino delle Acque, si aumenterebbe la celerità delle medesime, non tanto in ragion del corso diminuito, quanto in ragione delle sinuosità e prominenze rimosse dagli Alvei, per cui le Acque ritardan d'assai il natural movimento (§. XI.); gli scoli riuscirebber più pronti, le torbide si terrebbero più basse; e si provvederebbe altresì alle corrosioni delle Ripe, ed al riacquisto di nuovo terreno.

§. XXIII.

Ma l'addirizzamento degli Alvei non è però sempre eseguibile in tutti i Fiumi: questo è un lavoro, il quale converrebbe piuttosto alle porzioni e tronchi di quei Fiumi, dalla rettificazione dei quali ne venisse il benefizio di abbreviar talmente il lor corso, da non poter più temere dai medesimi nuove inondazioni, e corrosioni.

§. XXIV.

All' oggetto di eseguire tali lavori con una certa sicurezza, a me pare che potessero essere utili le seguenti riflessioni.

I.ª Per quanto è possibile, dovrebbesi cominciare l'addirizzamento sempre al disotto dell' ultimo sito, a cui le ghiaie siano giunte (1). In caso diverso, la maggior celerità delle acque trasportandole più avanti, il fondo si riempirebbe, e si darebbe luogo a nuovi depositi di materie affatto estranee a nuove sezioni dell' Alveo, per i quali restando alterato il primiero movimento delle Acque, potrebber temersi nuove corrosioni (2).

II.ª Tale addirizzamento potrebbe principiarsi dalla prima tortuosità, da cui le altre hanno origine; onde rimossa la causa, resti più facile la costruzione dei lavori per il pro-

---

(1) Tale pure è il sentimento comune degl' Idraulici, come avvertono *Guglielmini*, *Eustachio Manfredi*, *Grandi*, *Corradi*, *Frisi* ec.

(2) E' somministrato un esempio dall' addirizzamento dell' Arno per circa 8. Chiliometri, da Firenze a Signa. Avanti questo lavoro le ghiaie appena giungevano all' imboccatura della Golfolina, mentre ora si estendono per tutto quel tratto del Fiume, che traversa la pianura di Empoli.

seguimento dell' operazione, nei tronchi tortuosi inferiori.

III.ª Potrebbe ricominciarsi il lavoro, dopo che si fosse addirizzata la prima tortuosità, dal punto più basso dell' addirizzamento, continuandolo sino alla fine, o sia alla tortuosità già rettificata. Ciò dovrebbe eseguirsi all' oggetto di provvedere ai modi, per i quali evitare le inondazioni, ed impedire altresì il proseguimento delle corrosioni. Queste potrebbero assai infierire, stante i nuovi gradi di velocità, che le Acque acquisterebbero nel nuovo corso, qualora fosse secondato l' andamento della corrente.

Siffatte operazioni per dirigere il Fiume nel modo migliore, potrebbero farsi cessare, quando il pelo dell' Acqua, in tempo delle maggiori torbide, si fosse abbassato a segno, che non fosse più da temersi alcun danno dalle tortuosità, che ancora vi restassero.

§. XXV.

Se il Fiume fosse navigabile, e come tale si volesse mantenere, potrebbero costruirsi opportunamente Serre, Pescaie, e Sostegni.

Col mezzo di questi lavori, oltre al poter render più placido il corso delle Acque,

e conservar loro l'altezza, che avevano per l'andamento tortuoso (1), potrebbesi pure provvedere al rialzamento del suolo, almeno lungo gli arginamenti dei Fiumi, mediante adattati Canali, o Diversioni, da aprirsi presso le Pescaie indicate, all'oggetto di deviare convenientemente, per loro mezzo, una porzione delle Acque in tempo di torbide.

Nel formare tali Canali, bisogna procurare di rivestirne le imboccature con muri a calcina, e di dare alle medesime la forma che più si approssima a quella, che l'acqua si accomoda per proprio istinto, in occasioni di rotte, o diviamenti naturali.

La configurazione pertanto che l'Acqua suol dare a tali aperture, o passaggi, è per ordinario regolarissima: essa se gli dilata a dovere, corrodendone i risalti, e le altre prominenze, e dandò all'una e l'altra riva la forma di una curva convessa, che molto si accosta alla parabola, o per meglio dire, al largo di una Tromba, o Imbuto parabolico.

In tal guisa è manifesto, come si eviterebbe

(1) Tibull. Lib. I. Eleg. 8.
» *At te, Cydne, canam, tacitis qui leniter undis*
» *Caeruleus placidis per vada serpis aquis.*

bero in gran parte gl'inconvenienti, che provengono dalle contrazioni delle vene; come ivi non avrebber luogo cadute, ed in conseguenza escavazioni e gorghi; come s'impedirebbe all'acque di scorrere per direzioni oblique, e convergenti; come non si perderebbe dalla medesima verun grado di celerità; e come finalmente da tali Canali, si otterrebbe un maggiore scarico di acque di quello, che potrebbe ottenersi, qualora si dasse loro, sotto le medesime dimensioni, forma diversa.

E poichè è regola generale in Idraulica di secondar la natura, le cui leggi sono inviolabili, per qualunque lavoro debba intraprendersi sulle acque; così è manifesto, come non debbasi rilasciar mai al capriccio di un Artefice imperito la costruzione di tali imboccature, non meno che quella delle Pescaie, Porte di Sostegni, Pile di Ponti ec., delle quali opere dovrà sempre commettersi l'esecuzione a quei Soggetti, i quali sien capaci di modellarle sopra le forme, che l'Acqua scorrendo in libertà, ci presenta costantemente (1).

(1) Da chi desiderasse di vedere più minutamente esposti i principj e le regole relative alla costruzione di tali lavori, si può consultare con gran vantaggio *Belidor* Tom. IV. Lib. IV. Cap. III.

PARTE SECONDA.

INDICAZIONI PER CONOSCERE GLI EFFETTI DELLE ACQUE DEI FIUMI CONTRO GLI ARGINI ED ALTRI OSTACOLI.

CAPITOLO I.

Degli Argini.

§. XXVI.

Niuno ignora chiamarsi Argini da noi, e *Chaussées* dai Francesi, quei Rialzamenti artificiali di terra disposti lungo le Ripe dei Fiumi, i quali nelle escrescenze di essi impediscono alle acque di allagare le campagne adiacenti (1). Questi si distinguono principalmente in Argini Maestri, in Argini Traversi, in Circondarj, e in Soprassogli.

Si chiamano Argini maestri quelli, i quali si costruiscono quasi parallelamente alle sponde, e a tanta distanza dalle medesime,

---

(1) La distinzione delle loro parti, e l'oggetto in generale della loro destinazione furon già indicati nella Nota al §. VI.

da lasciare un' ampiezza proporzionata alla portata e natura del Fiume, affinchè più facilmente possano raffrenare e contenere le Acque nelle massime escrescenze, ed impedirne l'espansione per le campagne.

Gli Argini Traversi, sono Argini costruiti in linee trasversali all'andamento del Fiume, o sia formanti un angolo più o meno grande con gli Argini Maestri. Questi in occasione di Rotte, o altri infortunj di acque, servono ad impedire alle medesime di spandersi al di là dei siti in cui son posti.

Si dicono Argini Circondarj quelli, che circondano una qualche estensione, o per assicurarla da inondazioni, in caso di strabboccamento dei Fiumi circonvicini, oppure per impedire che le acque ivi già adunate, o da adunarvisi, si dilatino in ampiezza maggiore.

Si chiamano poi Soprassogli, piccoli rialzamenti di terra, che si fanno principalmente sopra gli Argini maestri, ad effetto che le acque, in caso di esorbitante piena, non pervengano a sormontarli.

§. XXVII.

Dalla distinzione accennata degli Argini, vedesi chiaramente, come alcuni di loro ab-

bian per oggetto soltanto di tenere in collo delle acque stagnanti, mentre altri son destinati a raffrenar l'impeto delle medesime in movimento. Quindi è manifesto, che tali Argini non hanno bisogno di una eguale solidità di costruzione.

§ XXVIII.

Le cause che tendono a distruggere un'Argine sono:

I.ª Il continuo ondeggiamento delle acque contro la di lui faccia.

II.ª La loro filtrazione a traverso del medesimo.

III.ª La loro pressione orizzontale.

IV.ª L'urto con cui possono investirlo.

L'Argine resiste alle due prime, in ragione della bontà della terra di cui è composto, e della diligenza usata in formarlo: resiste alle seconde in ragione della forma, del peso, e delle sue dimensioni.

Noi cominceremo dall'indicar brevemente ciò che riguarda la di lui costruzione, all'oggetto di evitare le conseguenze della filtrazione e ondeggiamento; e quindi passeremo a stabilire, quanto richiedesi per assicurarlo dai funesti effetti della pressione e dell'urto.

§. XXIX.

La prima diligenza che ricercasi nel costruir Argini, e particolarmente i maestri, che sono i più esposti al pericolo di essere investiti dall'impeto della corrente, è quella di procurar loro, per quanto è possibile, un fondamento stabile e fermo. Tutti i terreni, generalmente parlando, sono buoni per sostenere gli Argini, a riserva degli arenosi, e di tutti quei fondi, nei quali avendo stagnato una volta le acque, sieno perite e marcite molte Piante palustri. Queste due qualità di terra sono cattivissime: mancando loro la solidità necessaria, oltre all'essere facilmente corrose, e filtrate dalle acque, gli Argini collocativi sopra si scompongono per il continuo avvallamento, prodotto dal loro proprio peso, e non son più atti perciò a ritenere le torbide dentro i limiti alle medesime assegnati.

Se la necessità portasse di dover costruire Argini in simili posti, allora converrebbe principiare dallo scavare tal materia, per andare a cercare il sodo, su cui assicurare i medesimi. Qualunque altra diligenza potesse praticarsi a tal riguardo, non sarebbe mai sufficiente ad assicurarci della certezza del buon successo.

§. XXX.

E' altresì necessario, che gli Argini destinati ad impedire il traboccamento dei Fiumi, non sieno costruiti tanto d'appresso alle sponde di essi, ma ad una distanza dalle medesime, proporzionata alla natura e portata dei Fiumi da arginarsi.

Queste estensioni, che chiamansi volgarmente Golene, o Banche (1), servono a difender gli Argini dalle corrosioni, e servono altresì a somministrare la terra, tanto per il risarcimento degli Argini, che per la formazione dei Soprassogli, o altri simili lavori, i quali possano occorrere. La terra dalle golene non dee prendersi se non se dalla distanza di circa quattro metri dalla pianta dell' Argine, all' oggetto che resti sempre un sodo per difesa del piede dell' Argine medesimo.

§. XXXI.

La terra in generale che può impiegarsi per la costruzione degli Argini, dee essere presso a poco della natura di quella delle praterìe, o sodi erbosi. Si dee sopra tutto rigettar la terra molle e fangosa, la quale ha bisogno di troppa scarpa per sostenersi ammontata. Le terre cretose, come duttili, resistenti e

(1) Vedasi la nota del §. VI.

grasse, sono però da preferirsi a tutte le altre, perchè si attaccano e assodano più stabilmente. Queste per altro esigono molta diligenza per esser poste in opera; attesa la grave difficoltà che presentano a stritolarsi e sminuzzarsi a dovere, affinchè gli Argini non restino porosi a segno, da esser soggetti ai trapelamenti delle acque. Qualunque siasi per altro la lor qualità, è necessario stenderle uniformemente, e batterle con pestoni adattati, suolo per suolo, non più alto di tre decimetri. Se la terra fosse troppo asciutta, converrebbe in tal caso bagnarla convenientemente, affine di provvedere alla più sollecita consistenza e stabilità del lavoro.

§. XXXII.

Altra diligenza pure importante richiedesi per la formazione degli Argini. Questa consiste nel fare arare, o meglio vangare, per tutta quella estensione, che deono occupare i nuovi Argini, affinchè i medesimi si attacchino più fortemente al piano, su cui sono posati.

Bastano questi riflessi per assicurar gli Argini da quei pericoli di distruzione, i quali riconoscer possono per origine le filtrazioni, e gli ondeggiamenti. Chi desiderasse su tal

proposito un più lungo ragguaglio, potrebbe osservare tra gli altri Teorici e Pratici, ciò che ne han scritto *Bossut* (1), *Viallet* (2), *Belidor* (3), *Barattieri* (4), *Zendrini* (5), *Corradi* (6), *Bourdet* (7), *Alberti ec.* (8).

§. XXXIII.

Resta ora a vedersi la maniera di difender gli Argini dagli altri infortunj, ai quali ne' varj casi possono essere esposti. Convien cercare cioè di assegnar loro quella forma, e quelle dimensioni, che posson convenirli, affinchè le Acque nel dirigersi sopra i medesimi, non vi cagionino frane, non gli rovescino, ed ancora non gli sormontino.

---

(1) e (2) Recherches sur la construction la plus avantageuse des Digues.

(3) Tom. IV. Lib. IV. Cap. II.

(4) Architettura d'Acque Lib. VIII. Cap. X., XI., XII., XIII., XIV., XV., XVI., e XVII.

(5) Leggi e Fenomeni, Regolamenti ed Usi delle Acque correnti. Cap. X.

(6) Delle Corrosioni dei Fiumi. Cap. III.

(7) Traitè Pratique des Digues le long des Fleuves, et des Rivieres.

(8) Istruzioni Pratiche per l'Ingegnero Civile. Cap. III.

§. XXXIV.

La semplice osservazione sopra il livello delle massime torbide mostra, se l'altezza determinata per gli Argini, o quella che già avevano, sia sufficiente per impedire il traboccamento delle acque. Qualora si trovasse minore di quella, della quale il Fiume ha bisogno, si potrebbe con l'aumentarla convenientemente (§. XX.) (1), prevenir lo strabocco, ed in conseguenza impedire le Rotte, che da tal causa derivano.

§. XXXV.

Non è egualmente facile l'evitar quelle rotte, che provengono da frane e rovesciamenti di Argini. Queste non possono impedirsi, se non col provvedere con fermezza

(1) A scanso d'ogni pericolo è regola generale di costruir gli Argini *un metro* almeno più elevati del pelo, cui soglion giungere le massime torbide. Così vien provveduto nel tempo stesso all'avvallamento dei medesimi, che ha luogo sintanto che non si sono assodati naturalmente per l'effetto del loro proprio peso, ed al timore che le acque possano sormontargli, ancor nel caso, che per qualche circostanza imprevista se ne aumentasse straordinariamente la massa, o il volume.

alla miglior proporzione, e maggior robustezza degli Argini medesimi.

Questi due oggetti sono da considerarsi non tanto a riguardo del Fiume, al quale stabiliscono, o determinano l'andamento, quanto pure a riguardo delle differenti sezioni del medesimo.

§. XXXVI.

Non può aversi adequata idea della stabilità di un Argine, senza conoscere l'intensità dell'azione dell'acqua contro di esso, all'oggetto di porla con questa al confronto.

Ma siccome tale azione, a circostanze eguali, varia dentro i limiti delle variazioni dei due seni degli angoli d'obliquità, che può formare la direzione della Corrente colla faccia dell'Argine, o altro ostacolo, così è necessario cominciare dal conoscer lo sforzo delle acque contro il medesimo, qualora sia da quelle strisciato e premuto, e comunque investito o percosso.

CAPITOLO II.

Azione dell' Acqua contro gli Argini ed altri ostacoli.

§. XXXVII.

Immaginiamo che la verticale A B (*Fig*. 1.) rappresenti l' altezza dell' acqua, ed il profilo della faccia dell'Argine esposta all'azione della medesima. E' noto per le Leggi Idrostatiche, che tutti i punti dell' Argine dal piede alla sommità, cioè da B sino ad A risentono una pressione orizzontale, che è proporzionale al peso delle colonne verticali dell' acqua, le quali corrispondono ai medesimi punti.

Se prendasi C B = A B, e si formi il triangolo A B C, è manifesto, che questo rappresenterà il Piano delle Forze proporzionali alle varie pressioni orizzontali, che l'Acqua esercita sopra la retta A B. Se si suppone che A B indichi il profilo di una parete rettangolare, qualunque esposta intieramente all' azione dell' acqua, a similitudine di una cateratta, questa (prescindendo dall' attrito della base col piano, e dal di lei peso) non potrà resistere alla pressione dell' acqua, se

non nel caso, in cui dall' altra parte venga respinta da altro Piano di Forze perfettamente eguale a quello, che rappresenta la pressione del fluido. Si vede da ciò, che l'azione dell' acqua tende a farla rotare attorno al punto A, ove quest'azione è nulla.

Ora si oppongono a tal movimento, l' aderenza del materiale, ed il peso del medesimo. Perciò la stabilità di un Argine aumenterà a misura che la terra sarà più compatta, e a proporzione che la di lei gravità specifica sarà più grande.

Ma se lasciamo da parte tali considerazioni, egli è certo, che la pressione dell' Acqua tende a romper l' Argine nelle direzioni orizzontali, o sia parallelamente a C B: e siccome le forze che essa esercita diminuiscono in progressione aritmetica, dal piede dell' Argine alla sua sommità, così le resistenze dell' Argine, all' oggetto che faccia a quella equilibrio, debbono diminuire secondo la medesima legge. Se l' acqua fosse di più in movimento, ben si ravvisa come con un simil discorso si perverrebbe a mostrar l' istess' ordine decrescente ancor relativamente alle impulsioni orizzontali, ed alle resistenze correlative. Quindi è manifesto, come la forma degli Argini, e quella dei Muri destinati all' uso

medesimo, e composti di materiali respettivamente omogenei, debba esser prismatica triangolare, all'oggetto che facciano equilibrio alla forza orizzontale, che l'acqua esercita contro di loro.

§. XXXVIII.

Per quanto la forma prismatica sia quella, che si richiederebbe per gli Argini, affinchè formassero un perfetto equilibrio in tutti i punti con l'azione delle acque, non ostante, atteso il pericolo che i Cigli possano essere danneggiati dai diacci, dalle piogge, ed ancora dagli ondeggiamenti delle acque, che posson percuoterli in occasione di piena, esige la prudenza, che i piani, o parti superiori degli Argini sieno molto ingrossate, o allargate. Tal larghezza è altresì necessaria in tempo di grandi escrescenze, per poter passeggiarvi sopra, ed invigilare perchè non accadano rotte.

Questa è la ragione, per cui in effetto non si vedono Argini prismatici triangolari, ma soltanto di base quadrilatera, e simile al trapezio E F G H (*Fig*. 2.). I lati E F, G H paralleli rappresentano, il primo E F il piano superiore dell'Argine, ed il secondo G H la ba-

se del medesimo: gli altri due EG, FH, che sono per l'ordinario egualmente inclinati, indicano le due facce laterali, che si scostano comunemente dalle verticali EP, FQ per le distanze GP, ed HQ eguali tra loro, ed alla metà dell'altezza dell'Argine EP, ovvero FQ.

§. XXXIX.

Ora, potendo gli Argini e Muri di rivestimento (1) aver varia posizione con la linea del Fiume, vario manifestamente riescir dee lo sforzo, che la corrente può fare contro i medesimi.

E' dimostrato, che gli Argini, e Muri situati parallelamente alla direzione della cor-

(1) Si dicono comunemente Muri di rivestimento in Italia, e *Murs de quai* in Francia, quei Muri che servono di sponde ai Fiumi, come gli Argini maestri (§. XXVI.). Questi sogliono costruirsi per ordinario in quei Fiumi, che traversano dei luoghi bassi e paludosi, lungo i quali si trovano delle pubbliche strade, che le acque rendono impraticabili per qualche tempo dell'anno. Col mezzo loro, oltre all'impedire l'espansione delle acque, che son riunite e raccolte per gli Alvei, si provvede alla sicurezza di tali strade, col collocarle in alto sopra i medesimi.

rente, non soffrono urto, ma soltanto risentono una pressione, come se fossero destinati a contenere Acque stagnanti.

Ma siccome è noto, che la pressione totale sofferta dalla parete di un recipiente pieno di fluido, è eguale al peso di un prisma dell' istesso fluido, che abbia per base la superficie premuta, e per altezza la distanza verticale del di lei centro di gravità dal piano della superficie fluida; così noi potremo sempre stabilire la pressione, che può soffrire qualunque ostacolo, subito che si conosca la di lui superficie esposta all'azione dell'Acqua, e l'altezza cui posson giungere le massime torbide.

§. XL.

Niuna difficoltà incontrasi nel determinare la pressione dell' Acqua contro di un Argine, o altro qualunque ostacolo, purchè sien cogniti gli elementi, da cui quella dipende.

Infatti, mediante adattate misure, potendosi rilevare l'altezza delle acque nelle massime escrescenze, e per la Geometria l'espressione della superficie premuta, noi conosceremo senza equivoco la pressione, moltiplicando l'espressione della superficie dell' ostaco-

lo al contatto dell'acqua, per il prodotto della gravità specifica dell' acqua medesima, nella distanza del centro di gravità di quella superficie, dal livello che segnano le massime torbide.

Così, se per S s'indica quella linea che mostra il profilo della superficie dell' ostacolo, e per y la lunghezza della medesima superficie; $\int y\,ds$ sarà l'espressione di tal superficie, il di cui elemento è $= y\,ds$.

Inoltre, se diciamo Y, ed Y′ le distanze del centro di gravità di quella superficie dai due Assi ortogonali, ai quali respettivamente son riferite le ascisse z, ed y, abbiamo dalla Meccanica, per la determinazione dei loro valori, le due seguenti equazioni.

$$Y = \frac{\int y z\,ds}{\int y\,ds},$$

$$Y' = \frac{\frac{1}{2}\int y^2\,ds}{\int y\,ds}$$

§. XLI.

Di tali equazioni la prima soltanto basta per l'oggetto delle nostre ricerche, sì per-

chè le superficie esposte all'azione delle Acque, come sono tutte quelle degli Argini, delle quali principalmente parliamo, possono riguardarsi come simmetriche attorno l'asse delle ascisse z; sì perchè serve al nostro scopo di sapere a qual distanza dalla superficie dell'acqua si trovi l'orizzontale, a cui corrisponde il centro di gravità della superficie in questione.

§. XLII.

Ciò premesso, se chiamiamo G la gravità specifica dell'acqua, Q la pressione, che l'acqua esercita sopra la superficie dell'Argine, muro di rivestimento, o altro ostacolo, espressa da $\int y\,ds$; si avrà

$$Q = \frac{G \times \int yz\,ds \times \int y\,ds}{\int y\,ds} = G \times \int yz\,ds$$

E se supponghiamo $y = l =$ a tutta la lunghezza della superficie dell'ostacolo al contatto dell'acqua; e $z = h =$ all'altezza della medesima; la total pressione Q a riguardo di essa, verrà indicata dall'equazione

$$Q = G \times \int lh\,ds;$$

qualora $z = h$ oltre al rappresentare l'altezza dell'Argine, rappresenti ancora quella dell'acqua. In questa integrazione non vi ha luogo la costante, perchè tutto dee svanire quando z diventa $= 0$.

§. XLIII.

L'equazione

$$Q = G \times \int l z d s$$

mostra la pressione sopra una superficie verticale. Se la medesima fosse inclinata all'orizzonte, come lo sono tutte quelle degli Argini, detto φ l'angolo di tale obliquità, allora, come è noto, l'indicata pressione si risolve nelle seguenti due Q', e Q'', cioè

$$Q' = G \times \int l z d s \times \cos. \varphi = G \times \int l z d y$$

$$Q'' = G \times \int l z d s \times \text{sen.}\, \varphi = G \times \int l z d z;$$

la prima verticale, e la seconda orizzontale.

La verticale non solo non è dannosa all'Argine; ma anzi gli serve più tosto di rinforzo; mentre coopera a tenerlo più fermo nella di lui base. L'orizzontale poi tende tutta al rovesciamento del medesimo.

§. XLIV.

Il momento con cui questa pressione orizzontale espressa per

$$Q'' = G \times \int l\, z\, dz = \tfrac{1}{2} . G\, l\, h^2$$

(integrando, e facendo $z = h$ come al §. antecedente) tende al rovesciamento dell' Argine, è eguale al prodotto di tal pressione per la distanza della di lei direzione dalla linea, o asse del moto, o sia dalla linea la quale circoscrive la base dell' Argine dalla parte esterna, attorno la quale dovrebbe rotare rovesciandosi.

Ora, è noto che quella direzione trovasi alla distanza dal fondo, o piede dell' Argine per $\tfrac{1}{3}$. della di lui altezza. Perciò il momento di tal pressione sarà espresso da

$$(R)\ \tfrac{1}{2} . G\, l\, h^2 \times \tfrac{1}{3} . h = \tfrac{1}{6} . G\, l\, h^3$$

§. XLV.

Varj Idromeccanici nel fissare le condizioni dell' equilibrio tra la pressione dell' acqua, e la resistenza dell' Argine, soglion far conto ancora della pressione verticale, che mostra l' equazione

$$Q' = G \times \int l z d y ,$$

ponendo cioè a favore della resistenza dell' argine medesimo il di lei sforzo, diretto a tenerlo fisso sopra la base, che è eguale al suo momento riferito all' asse di rotazione, o sia alla linea che mostra l' unione della superficie esterna dell' Argine col piano, su cui è posato.

Questa per altro in simil circostanza non verrà da me collocata a favore della resistenza dell' argine, perchè mi sembra, che tal considerazione convenga piuttosto ai Muri di rivestimento, a quelli cioè, che fanno le veci degli Argini, Pignoni ec., di quello che possa convenire agli Argini, a riguardo dei quali l' utilità, o effetto di tal forza, non può essere se non se insensibile.

Ed inverso, l' acqua col premere sulla scarpa dell' Argine, gravita sopra una parte del medesimo, la quale s' intenerisce, per causa dell' umidità, in ragione del contatto, che ha con l' acqua da cui è coperta. A misura che la scarpa si va impregnando di umidità, si viene ad indebolire il glutine, per cui la medesima sta unita al resto dell' Argine, o sia la coesione delle parti, originata dalla sodezza ed asciuttezza del materiale, di cui l' Argi-

è composto. In tal guisa è manifesto, che la pressione verticale Q' non facendo che gravitare, e tener fermo un pezzo, che dall'acqua vien reso quasi indipendente dal resto dell'Argine, altro non farebbe se non che render più complicata l'equazione dell'equilibrio, qualora s'introducesse nel calcolo, senza niente, o almeno pochissimo, influire nella di lui maggior sicurezza. La semplice osservazione e riscontro, che facciasi della scarpa, e superficie di un Argine, esposte per qualche tempo al contatto dell'acqua, conforme accade dopo che son passate le torbide, è sufficientissima ad assicurarci della verità dell'accennato riflesso.

§. XLVI.

Non è così per altro a riguardo dei Muri di rivestimento e dei Pignoni. Le Acque gravitando verticalmente sopra le scarpe dei medesimi, agiscono sopra una parte loro, che si mantiene inalterabile col rimanente dell'ostacolo; poichè il contatto dell'acqua niente nuoce nè alla tenacità del cemento, nè alla consistenza del materiale, con cui sono formati.

A riguardo loro perciò non ha dubbio,

che l' azione, o sia momento (§. XLV.) della forza indicata da

$$Q' = G \times \int l z d y$$

possa sensibilmente influire a rendere i Muri, in confronto degli Argini, più pesanti, e ad accrescerne la stabilità, tenendoli in tal guisa più fermi nelle loro basi. Qualora si lasciasse tal considerazione ancora a riguardo di siffatti ostacoli, non si farebbe se non che provvedere maggiormente alla sicurezza e stabilità dei medesimi.

§. XLVII.

Gli argini poi, che non son situati parallelamente alla linea della corrente, ma che formano con quella una qualunque inclinazione, oltre lo sforzo cagionato contro di loro dalla pressione, risentono ancora quello derivante dall' urto, qualunque volta la corrente giunga ad investirli, o percuoterli.

§. XLVIII.

E' sommamente difficile, conforme gl' Idraulici tutti convengono, il determinare con esattezza la legge della percossa, o dell' urto.

Ed in vero se riflettiamo, che l' urto di una massa d' acqua sopra un piano non dipende se non se dalla somma di tutti gli urti parziali, che vi cagionano le molecole, le quali successivamente ne giungono al contatto, è facile il rilevare, che per aver del primo adequata contezza, bisognerebbe conoscere l' intensità di ciascuno dei singoli, che lo compongono; bisognerebbe cioè conoscere l' istesse molecole aquee, delle quali tuttora ignoriamo la forma e natura, all' oggetto di stabilire con sicurezza la quantità, e la direzione del movimento, che possono loro imprimere le varie cause eccitanti il medesimo.

§. XLIX.

La Teorìa su tal proposito comunemente adottata, e che ha il vantaggio di essere semplicissima, è fondata sopra l' ipotesi del movimento lineare dei fluidi.

Si suppone cioè, che la massa del fluido sia composta in ciascuno istante della direzzione del suo movimento, di una infinità di filetti paralleli, i quali diano ciascuno il loro colpo sul piano, senza sturbarsi gli uni con gli altri. Questo è ciò che rigorosamente non può succedere, e questo è il me-

tivo per cui la medesima teorìa vien riguardata inesatta, o sia difettosa.

Non ostante però tale inesattezza, l'esposto metodo è preferibile a qualunque altro, che si conosca finora, sì a riguardo della di lui somma semplicità, sì a riguardo del piccolo errore in cui s'incorre nel farne l'applicazione in caso pratico, conforme, fra gli altri, vien pure assicurato da *Bossut* (1), che ne ha fatto l'esperimento sulle ruote mosse dall'urto della corrente.

Ma siccome l'inesattezza di questa teorìa non dipende se non se dall'incertezza del movimento delle acque per gli Alvei (§. VI.), il quale, come è manifesto, è l'immediata conseguenza della Media Velocità delle Acque scorrenti, così noi tenteremo in seguito di mostrar la maniera di corregger quella convenientemente, mediante la determinazione della Media Velocità indicata (Cap. V.), e mediante il confronto dei risultati teorici ad altri simili, ottenuti col mezzo di analoghe esperienze, da istituirsi conforme diremo ai §§. LXIII., LXIV., e LXV.

---

(1) Traitè Thèorique et Experimental d'Hydrodynamique. Tom. I. Cap. XIII.

§. L.

Ciò premesso, è noto altresì che l'urto, che l'acqua esercita sopra una data superficie, è in ragione composta della di lei gravità specifica, della superficie percossa, dei quadrati (1) dei seni dei due angoli, che la linea della corrente può fare col piano urtato, e del quadrato della media velocità dell'acqua urtante.

Così se chiameremo;

G la gravità specifica dell'acqua come al §. XL;

S la superficie percossa;

V la velocità media dell'acqua, che tenteremo al Capitolo V. come possa rinvenirsi;

β l'angolo della corrente con una linea tirata orizzontalmente sul piano dell'ostacolo, o sia d'incidenza orizzontale;

φ l'angolo d'incidenza verticale:

---

(2) Teoria Newtoniana adottata generalmente, perchè è più concorde con l'esperienza dell'altra d'*Juan*, il quale è d'opinione, che gli urti obliqui osservino la ragione semplice dei seni degli angoli d'incidenza, e non la duplicata, conforme è il sentimento di *Newton*.

La formula

$$G \times S \times V^2 \times \overline{\text{sen.}\,\beta}^2 \times \overline{\text{sen.}\,\varphi}^2,$$

ovvero

$$(E)\quad G \times V^2 \times \overline{\text{sen.}\,\beta}^2 \times \overline{\text{sen.}\,\varphi}^2 \times \int l\,ds,$$

supponendo $S = \int l\,ds$, come al §. XXXVIII, esprimerà l'urto di cui si parla.

§. LI.

La formula (*E*) mostra in generale tutti gli urti normali, che possono aver luogo sopra una data superficie.

Se uno degli angoli φ, e β è retto, allora l'urto a circostanze eguali, è proporzionale al quadrato del seno di quell'angolo, che non è retto (1). Se il piano dell'

(1) Questo peraltro non concorda perfettamente con i risultati delle esperienze, che furon fatte per determinare le resistenze de' fluidi dai Sigg. *Alembert*, *Condorcet*, *e Bossut* nel 1775. (*Nouv. Expériences sur la resistance des fluides*. *Paris* 1777.), e continuate poi 3. anni dopo dal solo *Bossut*, o sia nel 1778. (*Mem. de l' Acad. des Scien.* 1778.)

Risulta da quelle, che gli urti obliqui non osservano precisamente la ragion duplicata dei seni de-

ostacolo riescisse normale al piano superficiale dell'acqua veniente, cioè se l'angolo φ fosse retto, la formula (E) diventando

$$= G \times V^2 \times \overline{\text{sen.}\beta}^2 \times \int l\, ds$$

mostrerebbe tutti gli urti tra i limiti di $\beta = 0$, e $\beta = 90$. gradi. Il massimo degli

---

gli angoli d'incidenza, conforme dovrebbe succedere secondo gl'indicati principj teorici: essi ne aberran poco, quando l'angolo d'incidenza è grande; ma ne differiscono sempre di più in più, a misura che l'angolo d'incidenza divien più piccolo. Sarebbe veramente desiderabile, che si continuassero l'esperienze su tal proposito, all'oggetto di pervenire a conoscer la loro vera legge, che tuttora ignoriamo.

Il Sig. *Bossut* ha trovato, per esprimer quella più da vicino, la seguente formula.

$$10000 . \text{sen.} K^2 + 0{,}003 (90.° - K)^{3,25}$$

esprimendo col numero 10000 l'urto diretto, e con K l'angolo dell' incidenza. Può restarsi di ciò pienamente convinti, osservando la Tavola dell'art. 353. del secondo Volume degli Elementi di Meccanica e Idraulica del Sig. Prof. *Venturoli*, in cui si vede a colpo d'occhio non solo il confronto dell' esperienza con la teoria e formule avvertite; ma ancora

urti in tale ipotesi, che corrisponde all'angolo $\beta = 90$. gradi, il di cui seno $= 1.$, è rappresentato dalla formula

$$G \times V^2 \times \int l\, ds.$$

Se la corrente poi fluisse parallelamente al piano, ciò che succede quando sen. β è $= 0$, la formula pure diventerebbe $= 0$; cioè l'urto si ridurrebbe a semplice pressione, la qua-

---

con la teorìa di *Juan*, e con la formula di *Romme*, cioè

$$10000.\ 30.\ \frac{2 + \text{sen. } K^2}{180.^{\circ} - K}$$

(esprimendo ancor esso per 10000. l'Impulsione normale, e per K l' angolo d'incidenza), la quale propone per l' oggetto medesimo di *Bossut*, o sia per conoscer più da vicino l' urto della corrente a riguardo di un piano investito sotto l' angolo K.

Si rileva da questo confronto, come avverte ancora il predetto Sig. *Venturoli*, che quando l'angolo d' incidenza oltrepassa i 60. gradi, possiamo con sicurezza seguire la legge dei quadrati dei seni; poichè dentro quel limite l'aberrazione è piccolissima, e l' errore spregevole. Ma per le incidenze minori sarà ottima cosa il servirsi della formula di *Bossut*, la quale riesce quasi esattissima sino a tantó che gli angoli d' incidenza non riescan minori di 18. gradi.

le sappiam calcolare, per quel che fu detto negli antecedenti paragrafi.

§. LII.

L'urto peraltro, che mostra la detta formula (E) (§. L.) come esercitato dalla corrente perpendicolarmente a un piano, la di cui inclinazione al piano superficiale dell'acqua è indicata dall'angolo φ, non agisce tutto a danno del medesimo. Risoluto quello nei due componenti.

$$(E') \; G \times V^2 \times \overline{\text{sen.}\,\beta}^2 \times \overline{\text{sen.}\,\varphi}^3 \times \int l\,ds,$$

$$(E'') \; G \times V^2 \times \overline{\text{sen.}\,\beta}^2 \times \overline{\text{sen.}\,\varphi}^2 \times \cos.\,\varphi \times \int l\,ds$$

orrizzontale, e verticale, la sola parte orizzontale mostrata dalla formula (E'), è quella che tende a far rotar l'ostacolo, cioè l'Argine, o Muro di rivestimento, sul termine della base dalla parte esteriore, unitamente al momento della pressione orizzontale (R) determinata al §. XLIV.

Lo sforzo con cui l'impulsione della formula (E') può imprimer nell' Argine un tal moto di rotazione, è eguale al suo momento riferito all'istesso asse di moto, o sia a

$$(T)\ \tfrac{1}{2}.\,h\,(G \times V^2 .\ \overline{\text{sen.}\,\beta}^{\,2} .\ \overline{\text{sen.}\,\varphi}^{\,3} . \int l\,ds),$$

esprimendo sempre per h l'altezza dell'Acqua, e quella dell'Argine.

Ancora in questa circostanza si tralascia di considerare, riguardo alla resistenza degli Argini, l'urto verticale indicato dalla formula (E''), per quella medesima ragione per la quale al §. XLV. si trascurò la pressione verticale Q'.

§. LIII.

Premesso quanto è stato avvertito dal §. XL. al precedente, è manifesto, che chiamando P il momento della pressione orizzontale dell' acqua sopra la superficie M (determinabile come al §. XL.); U il momento dell'urto orizzontale prodotto dalla corrente sopra quella medesima superficie M; ne verrà, che la formula

$$P + U$$

esprimerà la totalità dell'azione orizzontale dell' acqua contro quella medesima superficie M, comunque urtata e premuta, o sia la forza a cui l'ostacolo dee far resistenza, per non essere dalla medesima rovesciato.

§. LIV.

Ora, se per farne l'applicazione ad un caso meno generale supponghiamo:

$M = \int l\,d\,s =$ cioè a tutta la superficie di un Argine, che può essere investita da un acqua corrente (§. XLII.)

$P = (R) = \frac{1}{6}.G\,l\,h^3 =$ al momento della pressione esercitata sopra la detta superficie $\int l\,d\,s$ (§. XLIV.):

$U = (T) = \frac{1}{2}.h\,(G.V^2.\,\overline{\text{sen.}\,\beta}^{\,2}\,\overline{\text{sen.}\,\varphi}^{\,3}.\int l\,d\,s)$ = al momento dell'urto orizzontale corrispondente alla predetta superficie $\int l\,d\,s$ (§. LII.)

La formula

$$P + U$$

si cangerà nella seguente

$$(F)\ \frac{1}{6}.G\,l\,h^3 + \frac{1}{2}.h\,(G.V^2\,\overline{\text{sen.}\,\beta}^{\,2}.\,\overline{\text{sen.}\,\varphi}^{\,3}.\int l\,d\,s)$$

$$= \frac{1}{2}.h\,G.(\frac{1}{3}.l\,h^2 + V^2\,\overline{\text{sen.}\,\beta}^{\,2}.\,\overline{\text{sen.}\,\varphi}^{\,3}.\int l\,d\,s).$$

E questa è la formula esprimente in generale l'azione totale e orrizzontale dell'acqua sopra l'Argine di cui si tratta.

CAPITOLO III.

Come l' azione orizzontale delle acque possa rovinar gli Argini e Muri di rivestimento.

§. LV.

Tre sono i casi nei quali, secondo alcuni, l'azione orizzontale dell'acqua può romper gli Argini, e Muri di rivestimento.

I.° O coll'imprimere nei medesimi un movimento di rotazione intorno alle linee, che ne limitano esteriormente le basi.

II.° O col comunicar loro un movimento progressivo orizzontale su i piani delle loro istesse basi, per cui pervenissero a cambiar di sito senza scomporsi.

III.° O col distaccarne degli strati, o suoli orizzontali.

Noi considereremo soltanto il primo di tali casi, e trascureremo gli altri due, come impossibili ad aver luogo per semplice azione delle acque.

§. LVI.

Rilevasi l'insufficienza dell'azione delle acque per rimuover progressivamente dai lo-

ro siti gli Argini e Muri di rivestimento, dal riflettere, che un corpo, affinchè possa scorrere sopra un piano, che gli serva di base, non solo ha bisogno che la risultante delle forze impellenti riesca parallela e maggiore della risultante delle forze, che gli si oppongono; ma bisogna di più che la distanza dalla base del punto d'applicazione della prima, non riesca maggiore della distanza, a cui trovasi il punto d'applicazione della seconda. Ora il caso è precisamente in termini. A volere che l'Argine, o il Muro di rivestimento cambi di luogo, bisogna che la risultante della pressione e dell'urto orizzontali non cada superiormente alla risultante proveniente dal peso, e dall'attrito.

La distanza della prima risultante dalla base è maggiore di un terzo, e minore della metà dell'altezza dell'ostacolo $= h$; cioè $> \frac{h}{3}$, e $< \frac{h}{2}$., poichè a quei tali posti corrispondono i momenti della pressione e dell' urto.

Per conoscere la distanza dell'altra risultante (cioè derivante dal peso e dall'attrito), che resta tra il centro di gravità, e la base dell'Argine, convien primieramente cominciare dal determinare il centro di gravità dell'Argine medesimo. A tale effetto se

rifflettiamo, che le sezioni verticali tanto degli Argini, che dei Muri possono riguardarsi come trapezj a basi parallele p, q, inferiore e superiore (§. XXXVIII.), facilmente vedesi, che il centro di gravità di tali sezioni, corrispondente sulla linea, che taglia in mezzo le dette basi p, q, alla distanza dall' inferiore $p = \frac{1}{3} . h . \frac{p + 2q}{p + q}$, dee coincidere con quello dei corpi, ai quali le medesime sezioni appartengono (1).

§. LVII.

Ciò posto è chiaro, che al movimento progressivo orizzontale dell' Argine si oppongono

---

(1) Suppongo la linea che taglia per mezzo le basi p, q eguale ancora all' altezza della Sezione h per rendere più evidente il confronto delle posizioni delle due Risultanti. Tale ipotesi può ammettersi senza difficoltà, poichè il piccolissimo errore che può commettersi, può altresì riguardarsi come ben ricompensato dalla minor distanza, a cui ho supposta applicata la risultante della pressione e dell'urto, la quale ho considerata a un terzo dell' altezza della base, quando veramente è alquanto superiore a tal posto.

I°. Il di lui peso.

II.° L'attrito della base col piano su cui dee scorrere.

Niuna difficoltà può mai presentarsi nella determinazione del peso dell'Argine, poichè è cognita, sotto volumi determinati, la gravità della terra di cui è composto. L'attrito poi in pari circostanze, è sempre proporzionale alla pressione, o peso del corpo. Chiamando Q tal pressione, l'attrito sarà espresso per fQ, essendo f un coefficiente invariabile per qualunque pressione.

Ora, l'attrito fQ è causa che il corpo nel muoversi riesca più peso alla base p proporzionatamente ad fQ, e che in conseguenza il di lui centro di gravità si appressi di più alla base medesima. Tale avvicinamento, supponendo il peso del corpo Q come tutto raccolto nel suo centro di gravità, trovasi eguale a

$$\frac{\frac{1}{3}\cdot hQ\cdot\frac{p+2q}{p+q}}{Q+fQ}.$$

Se questa distanza adunque non sarà maggiore, o almeno eguale ad $\frac{h}{3}$, il corpo non potrà scorrere sopra la base, ma dovrà ne-

cessariamente rovesciarsi all' opposto della spinta, che riceve dall' acqua.

Così di fatti dee necessariamente accadere, poichè

$$\frac{h}{3} \text{ è maggiore di } \frac{\frac{1}{3}\cdot hQ\cdot\frac{p+2q}{p+q},}{Q+fQ},$$

ovvero

$$fQ\,(p+q) > qQ.$$

Risulta tal certezza dal sapersi:

I°. Che la base inferiore p è sempre maggiore della superiore q.

II°. Che il coefficiente f per i muri di mattoni, e molto più poi se fosser di pietre, è $=$ o, 8.

III°. Che per le terre argillose, e forti, con cui sono formati gli Argini, il valore di f è compreso tra i o, 58., e o, 73., conforme risulta dalle esperienze del Sig. *Perronet* (1).

§. LVIII.

Riguardo poi al terzo caso, o sia al sup-

---

(1) Memoires de l' Acad. de Paris par l'an. 1769.

porre che l'acqua possa distaccare dagli Argini degli strati orizzontali, a me pare che non dovendosi ammettere in tal distaccamento niuno dei due moti progressivo e rotatorio; i quali forman l'oggetto del primo e secondo caso, resti solo da intendersi, che tali pezzi possano esser rimossi dalle loro situazioni, per effetto unicamente di una forza, la quale agisca dal basso in alto, e per direzione verticale. Ma siccome all'azione di tal forza, la quale non è, nè può essere se non l'effetto preciso della gravità specifica dell'acqua, si oppongono la coesione delle parti da distaccarsi, e la loro gravità specifica, la quale per lo meno supera la gravità specifica del fluido per $\frac{10}{7}$; così rendesi manifesto, come l'azione dell'acqua sia affatto insufficiente per poter danneggiar gli Argini ancora sotto questa terza considerazione.

§. LIX.

Provata pertanto l'impossibilità del movimento progressivo, e dello strappamento di porzioni orizzontali tanto degli Argini che dei Muri, i quali ne fanno le veci, rendesi manifesto, che la semplice azione delle acque non può imprimere a questi se non se un movi-

mento di rotazione attorno agli angoli, i quali mostrano le inclinazioni dei loro piani esterni, con quelli sopra i quali son costruiti. E questa è la circostanza che da noi si considera, per determinar l' equazione, che contenga le condizioni dell' equilibrio, all' oggetto d' impedire, che abbia luogo tal movimento.

§. LX.

Non essendo adunque possibile, che gli Argini e Muri di rivestimento sieno traslatati paralleli a loro stessi, resta manifestamente chiaro, che la considerazione del movimento progressivo orizzontale, non potrà mai aver luogo a riguardo di quei Fiumi, i quali scorrono con qualche regolarità. Potrà accadere soltanto il contrario in qualche Torrente, per cui rotolino pietre di tanta mole, da produrre degli urti capaci di far diventare $fQ\,(p+q)$ eguale, o minore di qQ. Lo che non è molto facile che succeda.

Mi occuperò nel seguente Capitolo del modo di conoscere la differenza, che passa tra l' urto mostrato dalla formula (*E*) (§. L.), con altri simili conosciuti per mezzo di analoghi esperimenti, all' oggetto di aversi maggior precisione nella formula (*F*) (§. LIV.),

dalla quale è mostrata la totale azione delle Acque, a cui gli Argini, ed i Muri debbono resistere.

CAPITOLO IV.

Rettificazione della formula esprimente l'azione orizzontale delle acque, che urtano sopra gli Argini, e Muri destinati al medesimo uso.

§. LXI.

Noi avvertimmo, nell' esporre la Teorìa dell' urto dei Fluidi comunemente adottata, (§§. IL., L., e LI.) come quella sia difettosa, e donde provenga l' inesattezza della medesima. Una riprova di quanto ivi indicammo può aversi, facendo il confronto delle conseguenze di tal teorìa, con i risultati delle esperienze, che si contengono nelle due Tavole che riporto quì appresso.

La prima presenta gli urti corrispondenti a varj gradi della velocità di un' acqua corrente, la quale investa un istesso piano perpendicolarmente.

La seconda mostra le impulsioni corrispondenti a varie inclinazioni della linea della corrente, col piano percosso con costante ve-

locità, relative all' urto diretto mostrato dal numero astratto 10000. (not. §. LI.)

Mediante tal confronto si rileva a circostanze eguali:

I°. Che la percossa diretta, non osserva la proporzione dei quadrati delle velocità, come dovrebbe accadere secondo i principj teoretici (§. L.), ma che anzi si accresce oltre tal proporzione.

II°. Che neppur gli urti obliqui osservano in generale la ragion duplicata dei seni degli angoli d'incidenza, conforme richiederebbe la teorìa Newtoniana, ma seguono altra legge tuttora sconosciuta. Possono soltanto gli urti obliqui considerarsi proporzionali, senza sensibile errore, ai quadrati dei seni degli angoli d' incidenza, sin tanto che tali angoli non divengon minori di 60. gradi: dai 60. gradi in giù l'aberrazione comincia a divenir sempre più rilevante, ed in conseguenza a non esser più trascurabile.

Per esser di ciò pienamente convinti, basta gettar gli occhi nelle predette Tavole, che quì si osservano.

TAV. I. Impulsioni dirette.

Impulsioni dell'acqua sopra una superficie piana di un Piede quadrato, o sia di Metri quadrati 0,1055., urtata dalla corrente perpendicolarmente.

Velocità dell'acqua indicata dal Galleggiante in un minuto secondo di tempo.		Impulsioni correspettive espresse tanto in Chilogrammi, Grammi e Milligrammi, quanto in Libbre, Once, e Den.					
Piedi	*Metri*	*Chil.*	*Gra.*	*Mil.*	*Libb.*	*Onc.*	*Den.*
I =	0,325	—	581	782	1	8	14
II	0,650	2	355	724	6	11	5
III	0,975	5	262	129	16	6	—
IV	1,299	9	392	782	27	7	23
V	1,624	14	685	—	43	2	23
VI	1,949	21	049	—	61	11	22
VII	2,274	28	881	—	85	—	18
VIII	2,599	36	713	—	108	1	13
IX	2,924	47	482	—	139	10	2
X	3,248	58	741	—	173	—	1
XI	3,573	60	979	—	197	7	2
XII	3,898	84	195	—	247	11	4

Continuazione della Tav. I. Impulsioni dirette.

Velocità dell'acqua indicata dal Galleggiante in un minuto secondo di tempo.		Impulsioni correspettive espresse tanto in Chilogrammi, Grammi e Milligrammi, quanto in Libbre, Once, e Den.					
Piedi	*Metri*	*Chil.*	*Gra.*	*Mil.*	*Libb.*	*Onc.*	*Den.*
XIII. =	4,223	99	370	—	292	7	21
XIV.	4,548	115	034	—	338	9	11
XV.	4,873	132	166	—	389	2	23
XVI.	5,197	146	852	—	432	6	—
XVII.	5,522	163	495	—	481	6	4
XVIII.	5,847	190	418	—	560	9	17
XIX.	6,172	212	445	—	625	8	3
XX.	6,497	234	962	—	691	11	23
XXI.	6,822	258	949	—	762	7	17
XXII.	7,146	283	913	—	836	2	—
XXIII.	7,471	300	837	—	886	—	2
XXIV.	7,796	336	781	—	991	10	10

TAV. II. Impulsioni oblique.

Impulsioni dell'Acqua sopra una superficie piana di un Piede quadrato, o sia di Metri quadrati 0,1055. urtata obliquamente dalla corrente con costante velocità di metri 0,325. per secondo, e riferite all'urto diretto di Chiliogram. 0,581782, eguale al numero astratto 10000.

Angoli d'incid.a	Impulsioni corrispondenti conosciute mediante l'esperienza.	Impulsioni correlative dedotte in conformità della Teoria (§. L.)
Gr. 90.	*Ch.* 0,581782 = 10000	*Ch.* 0,581782 = 10000
— 84	9893	9890
— 78	9578	9568
— 72	9084	9045
— 66	8446	8346
— 60	7710	7500
— 54	6925	6545
— 48	6148	5523
— 42	5433	4478
— 36	4800	3455
— 30	4404	2500
— 24	4240	1654
— 18	4142	955
— 12	4063	432
— 6	3999	109

§. LXII.

La prima impulsione della seconda Tavola come relativa all' angolo di 90.°, può sempre dedursi dalla Tav. I.ª, subito che sia nota la velocità della corrente, di cui vuol conoscersi l'urto. Per ottenere tale intento, basta solo il cercar nella Tavola indicata una velocità eguale a quella attuale del Fiume. Ciò fatto, è manifesto, come l'impulsione corrispondente alla celerità segnata nella Tavola non potrà essere se non se affatto eguale alla impulsione, che può produrre la corrente del Fiume sopra una superficie equivalente, e similmente collocata. Ora le impulsioni dirette essendo varie, secondo che varia è la velocità dell' acqua, pare a prima vista che si richiedano altrettante Tavole simili alla seconda, quante possono essere le diverse impulsioni, che rappresenta, e che può, o potrebbe rappresentare la Tavola prima.

Ma se riflettasi, che questa seconda Tavola è stata già calcolata nell' ipotesi, che l'urto diretto sia equivalente a chiliogrammi 0, 581782 (corrispondenti a libbre Toscane 1, 382. circa), è agevole il rilevare, come tutte le impulsioni della medesima non posson variare, se non nella proporzion precisa delle

variazioni, che potranno aver luogo tra gli urti diretti.

Quindi si dedurranno tutte le percosse possibili, dentro i limiti circoscriventi la Tav. I.ª (cioè tra metri o, 325, e 7, 796. di velocità della corrente, indicata da un galleggiante in un secondo di tempo), mediante la Tav. II.ª già formata, se istituiremo una geometrica proporzione, i di cui primi termini sieno l' impulsione diretta di chiliogrammi o, 581782., e l' obliqua relativa all' angolo d' incidenza = K, ed il terzo una impulsione della Tav. I.ª, corrispondente a quella velocità, che eguaglia la media velocità della corrente, di cui si ricerca la percossa, il quarto termine di tal proporzione mostrerà manifestamente l' urto obliquo, che la corrente può produrre sotto l' istesso angolo K d' incidenza, in tutte quelle situazioni, in cui l' acqua fluisca con pari velocità.

§. LXIII.

Con l' aiuto di queste due Tavole noi potremmo:

I.° Correggere, o sia rettificare l' espressione dell' urto normale mostrato dalla formula (*E*), cioè

$$G \times V^2 \times \overline{\text{sen}.\beta}^2 \times \overline{\text{sen}.\varphi}^2 \times \int l\,ds$$

del §. L., mediante il confronto delle impulsioni presentate dalla formula medesima, con quelle corrispondenti nelle Tavole (1), onde trovare la differenza che passa, a circostanze eguali, tra gli urti rinvenuti praticamente, e quelli, che si deducono coerentemente alla teorìa sin' ora esposta.

II.° Oppure si potrebbe prevalersi direttamente dei risultati delle medesime Tavole, per conoscer l'intensità delle impulsioni della corrente, in conformità delle indicazioni che accenneremo ai §§. LXXXIX., e XC.

§. LXIV.

Venuti in cognizione di una di quelle differenze, che passar deono tra gli urti, che mostrano le Tavole, e quelli rilevati col mezzo della teorìa, potrebbonsi da tal differenza dedurre tutte le altre relative alle varie per-

(1) Se gli angoli d'incidenza non son minori di 60. gradi, potrem fare il confronto con la prima Tavola: se poi gli angoli d'incidenza saranno minori di 60. gradi, allora ci prevarremo della Tavola seconda, per le ragioni di sopra accennate (§. LXI.).

cosse dell' acqua sopra una superficie qualunque, e comunque dalla corrente investita.

A tale effetto detta M la massa fluida, che percuote il piano O normalmente, M' la massa che urta obliquamente sul piano O': è manifesto per ciò che precede, che l' impulsione contro il piano O sarà all' impulsione contro il piano O', come il prodotto del piano O per il quadrato della media velocità del fluido M, e per i quadrati dei due seni totali (§. L.), (giacchè a tal piano si suppone perpendicolare il filo della corrente), è al prodotto del piano O' per il quadrato della media velocità del fluido M', e per i quadrati dei seni degli angoli d' inclinazione, che il fluido M' può formare sopra O' piano dal medesimo percosso o investito.

Così se indichiamo per F l' impulsione normale, per F' l' obliqua, per V la media velocità del fluido M, per V' la media velocità del fluido M', per R, ed R' i due seni totali, per R'' il seno dell' angolo d' incidenza verticale, per R''' il seno dell' angolo d' incidenza orizzontale; sarà

$$F : F' :: O \times V^2 \times R^2 \times R'^2 : O' \times V'^2 \times R''^2 \times R'''^2$$

§. LXV.

Ora se supponghiamo che la superficie O, su cui si eseguisce l'impulsione F normalmente, sia eguale ad un piede quadrato, corrispondente a metri quadrati 0,1055., e che V rappresenti successivamente i gradi di velocità, segnati nella Tavola I.ª (1), l'equazione

$$F = O \times V^2 \times R^2 \times R'^2 = O \times V^2$$

(perchè i due seni totali sono eguali all'unità) rappresenterà delle impulsioni, le quali paragonate ordinatamente con quelle accennate dalla Tav. I.ª alle medesime velocità corrispondenti, si verrà in cognizione delle differenze che passano fra le une, e le altre impulsioni. Se indichiamo tali differenze per d, d', d'', d''',

---

(1) Conviene avvertire, che per la maggiore esattezza dell'operazione rendesi necessario d'istituire il confronto con quei risultati della Tavola, i quali corrispondono a Velocità eguali respettivamente alla media velocità V, o sia a quella che ha il Fiume nei varj siti, in cui si vuol rintracciare l'urto delle di lui acque. Vedremo in seguito (Cap. V.) come si possa venire in cognizione di tal celerità del Fiume.

d'''' . . . . . ec., è evidente, che queste debbono conservare l'istess' ordine delle variazioni di F, poichè da esse unicamente hanno origine.

Se gli angoli d'incidenza saranno inferiori ai 60.°, allora avrem ricorso alla Tavola II.ª a cui (premessa l'avvertenza del §. LXII.) riferendo precisamente il passato ragionamento, si determineranno con egual facilità le differenze δ, δ', δ'', δ''', δ'''' . . . ec. tra le impulsioni teoriche e pratiche, relative alle obliquità minori dei gradi 60.

§. LXVI.

Ciò premesso, se s' istituisce una proporzione geometrica, i di cui primi termini sieno le impulsioni Φ, e Φ' relative all'una, o all'altra Tavola (1), ed il terzo sia una delle differenze d, d', d'', d''', d'''' . . . . ec., ovvero δ, δ', δ'', δ''', δ'''' . . . ec. (secondo che le dette impulsioni Φ, e Φ' son riferite alla prima, o seconda Tavola), corrispondente all' urto mostrato da Φ; il quarto termine di tal

(1) Per Φ intendo sempre rappresentata quell'impulsione di una delle due Tavole, con cui si dee istituire il confronto accennato, egualmente che per Φ' l'impulsione teorica da rettificarsi tanto nell'una che nell'altra ipotesi.

proporzione indicherà manifestamente la differenza, che passa tra Φ', e l'impulsione che mostrerebbe quella delle due Tavole, cui spetta il confronto, qualora gli elementi dell'una e dell'altra impulsione fossero eguali: cioè (giacchè torna l'istesso) il detto quarto termine mostrerà la diversa intensità dell'urto obliquo o diretto Φ' da quello simile, che risulterebbe corrispondentemente ad una velocità compagna; estendendo l'esperienze fatte sopra la superficie di un piede quadrato soltanto, o sia di metri quadrati, 0, 1055., a quella superficie che è rappresentata, o che può rappresentare O'.

Chiamato questo quarto termine Δ, questa sarà la quantità, la quale aggiunta all'espressione di Φ', o sia di quell' impulsione, che in conformità dei principj teorici esposti al §. L. può produr l' acqua in una superficie qualunque $O' = \int l ds$, e comunque percossa, renderà la formula (E) ivi stabilita, per rappresentare la detta impulsione, corretta coerentemente a ciò che richiedono i pratici risultati.

E questo è in generale il mezzo con cui, dai risultati teorici, potran dedursene gli altri affatto concordi con quelli, i quali si otterrebbero dentro i convenienti limiti, qualora si avesse ricorso in tutti i casi all' oracolo infallibile dell' Esperienza.

§. LXVII.

Tal correzione rendesi essenzialissima, sì perchè, oltre al ripararsi in tal modo all'inesattezza della teorìa, osservata ai §§. XLIX., e LI. col rettificar la formula esprimente l' espressione dell' urto, che la corrente può produrre sopra un piano investito tanto normalmente che obliquamente, siamo più nel caso di provvedere alla stabilità degli Argini, ed altre Opere da costruirsi su i Fiumi, mentre si conosce con maggior precisione la forza dell' acqua che può urtarle, e per necessaria conseguenza il momento, a cui i medesimi debbono resistere.

Premesso tal riflesso, la formula

$$(E)\ G \times V^2 \times \overline{\text{sen.}\,\varphi}^{\,2} \times \overline{\text{sen.}\,\beta}^{\,2} \times \int l\,ds$$

esprimente l'urto normale (§. L.) si cambierà nella seguente

$$(S)\ G\,(V^2 \times \overline{\text{sen.}\,\beta}^{\,2} \times \overline{\text{sen.}\,\varphi}^{\,2} \times \int l\,ds + \Delta):$$

Il momento dell' urto orizzontale mostrato da (§. LII.)

$$(T)\ \tfrac{1}{2}\,h\,(G \times V^2 \times \overline{\text{sen.}\,\beta}^{\,2} \times \overline{\text{sen.}\,\varphi}^{\,3} \times \int l\,ds).$$

diventerà eguale a

$$(T')\ \tfrac{1}{2}\,h.\,G\,(V^2.\ \overline{\text{sen.}\,\beta}^{\,2}.\ \overline{\text{sen.}\,\varphi}^{\,2}.\int l\,ds + \Delta)\,\text{sen.}\,\varphi:$$

È la totale azione dell'acqua indicata dalla formula (§. LIV.)

$$(F)\ \tfrac{1}{2}.hG.(\tfrac{1}{3}.lh^2 + V.^2\ \overline{\text{sen}\,\beta}^2.\ \overline{\text{sen}.\,\varphi}^3.\int l\,ds)$$

verrà espressa dopo tale sostituzione dalla seguente

$$(F')\ \tfrac{1}{2}hG[\ \tfrac{1}{3}lh^2 + (V.^2\ \overline{\text{sen}.\,\beta}^2.\ \overline{\text{sen}.\,\varphi}^2.\int l\,ds + \Delta)\text{sen}.$$ [illegible]

§. LXVIII.

Le due formule pertanto (T'), ed (F') son quelle, le quali servono ad esprimere, la prima (T') l'impulsione normale e orizzontale della corrente, e la seconda (F') la totale e orizzontale azione dell'acqua rispetto alla superficie $\int l.ds$, come se tali espressioni si fossero ottenute per mezzo di esperimenti eseguiti opportunamente, ed in conformità del metodo con cui sono stati eseguiti quelli, i risultati de' quali costituiscono le due Tavole altre volte indicate.

§. LXIX.

Ma per aver senza equivoco l'azione totale di un acqua corrente a riguardo di un Argine, Muro di rivestimento, o altro piano da quella investito, bisognerebbe conoscere

l'urto normale con quella precisione, con cui si conosce la sola pressione Q (§. XLII.). Ma siccome tal urto non è che una funzione della velocità media dell'acqua urtante (§. XLIX.), la quale finora abbiamo rappresentata per V (§. L); così è manifesto, quanto l'esattezza della di lui espressione sia congiunta con quella della media velocità predetta.

Determinata che fosse tal velocità, e sostituita opportunamente in luogo di V nelnelle due formule (F'), (F'), le quali son già state corrette, mediante i risultati pratici, che si contengono nelle Tavole delle impulsioni; non resterebbe a riguardo delle medesime formule da desiderarsi una pressione maggiore.

Basta questo solo riflesso per farci comprendere, quanto la scoperta della media velocità farebbe avanzare la Scienza delle Acque verso il punto della sua perfezione.

CAPITOLO V.

Indicazioni per conoscere la Media Velocità delle Acque Correnti.

§. LXX.

Alla ricerca della Media Velocità si sono occupati con grandissimo impegno i Matematici e Italiani, e Oltramontani, perchè da questa dipende la perfezione della Scienza in quella parte appunto, che più interessa il Pubblico Bene.

Dice su tal proposito il *Zendrini*: (1) „ Come siamo persuasi, che altri assai più abili di noi vorranno impiegarsi al medesimo oggetto, ben sicuri che una volta, che siasi trovata la maniera di aversi senza equivoco i gradi della velocità in ogni punto di un acqua corrente; si verrà ad ottenere gran parte di ciò che manca alla perfezione dell' Idrometrìa „.

Così pure esprimonsi altri, fra i quali il Sig. Cav. *Bonati* dice: (2) „ Nel resto mi

(1) Cap. V. Par. II.

(2) Saggio sopra una nuova Teorìa del Movimento delle Acque pei Fiumi.

rimetterò all' avvedutezza, industria, e sagacità di quelli, che si accingessero ad esperimenti di questa fatta, che sono dell' ultima importanza per promuovere una scienza, dalla quale può dipendere la felicità, o l' esterminio di Paesi intieri, e che perciò merita di esser protetta con impegno da più Sovrani. „

§. LXXI.

Fino dal 1806. immaginai due Istrumenti o sieno Idrometri (1), con i quali potrebbesi conseguire l' intento, di determinare cioè la predetta Media Velocità delle acque di un Fiume, col mezzo di prove, replicate diligentemente in diverse situazioni, ed in tempi di-

(1) Essendo tali Istrumenti destinati a conoscere il Movimento, o Velocità delle acque correnti, dovrebber dirsi non *Idrometri*, ma *Idrodromometri*, ovvero *Idrotachimetri*. Ma siccome queste voci, oltre all' esser di non spedita pronunzia, non sono state usate nemmeno da altri in casi simili; così ho creduto bene di lasciarle ancor io, e di uniformarmi a quelli, i quali riguardano come sinonime le voci *Idrometri*, *Idrodromometri*, ed *Idrotachimetri*, che nella lingua originale presentano l' esatta cognizione dell' oggetto, cui sono tali Istrumenti destinati.

versi, all' oggetto di profittare ancora delle varie escrescenze del medesimo. Da me si eseguirono per la prima volta tali prove in Pisa; e la lor descrizione, unitamente a quella dei due Idrometri, fu inserita nel Tom. XIII. degli Atti della Società Italiana delle Scienze, conforme fu avvertito al §. VII., col titolo di Tentativi per investigare la Celerità delle Acque correnti.

Tal descrizione si trova altresì riportata in ultimo del presente Trattato, affine di agevolare ai Lettori del medesimo la maniera di conoscere gl' indicati Istrumenti, e specialmente a tutti quelli, i quali o bramassero di verificare quanto vedrassi essere stato da me osservato, mediante i medesimi (§. CV.), o volessero occuparsi nell' esperimentare con essi, in conformità dell' importante oggetto, di cui si fa menzione al Cap. VII. e segnatamente ai paragrafi XCVI., XCVII., IC., e seguenti.

Il primo di tali Istrumenti consiste in una Bilancia, la quale è mostrata dalla *Fig.* 10., con cui, dalla superficie della corrente sino al fondo di essa, si possono misurare sicuramente tutti i gradi delle impulsioni, sino alla differenza capace di essere indicata da un grano di peso, o sia da 5. centigrammi.

Il secondo poi non è che un Molinello mobilissimo (vedasi la *Fig*. 22.), per mezzo del quale si conoscono i varj gradi delle velocità in tutti i punti dell' altezza della corrente, osservando le revoluzioni respettive del medesimo, che sono indicate da una lancetta scorrente sopra un' armilla graduata posta fuori dell' acqua.

§. LXXII.

Col mezzo dell' uno, o dell' altro Istrumento può formarsi il piano delle velocità dell'acqua A A′ B′ C′ E′ F′ G′ H′ H (*Fig*. 23.) osservate in tutti i punti dell' altezza della medesima, o col suppor le ordinate di quelle A A′, B B′, C C′, D D′, E E′, F F′.... ec. proporzionali alle radici quadrate dei pesi esprimenti le impulsioni relative a quei tali posti (1), ovvero col far loro proporzionali al numero delle girate del molinello osservate in quei medesimi siti, per eguali intervalli di tempo.

Ciò posto, è evidente, che la media fra

(1) Ciò rilevasi dalle esperienze di *Bossut* (Hydrodyn. §. 745. ec.), e di *Zuliani* (Mem. dell' Accad. di Padova Tom. III.). Risulta da queste, che in pari circostanze gli urti normali delle vene fluide sono come i quadrati delle velocità.

tutte le ordinate di tal piano, servirà ad indicare la media delle velocità, delle quali tal piano è formato, o sia quella accennata dai due Idrometri, e che io chiamerò perciò Media Velocità Idrometrica.

§. LXXIII.

Ma siccome, per quanto grande ed ancora scrupolosissima possa esser l' esattezza impiegata nel costruire le due Macchine, questa non può fare che minorar gli attriti, ma non mai toglierli affatto; così è manifesto, che in ragione della maggior esattezza di tal costruzione, la Media Velocità Idrometrica andrà continuamente ad avvicinarsi alla media velocità assoluta della corrente, senza mai però poter giungere ad eguagliarla perfettamente.

§. LXXIV.

All' oggetto poi di tentar di conoscere questa inevitabile differenza, per poter ripararla come converrebbe, crederei opportuno il prevalersi di un Galleggiante, col quale si potesse farne la comparazione in questa guisa.

Come la celerità superficiale indicata dall' uno, o dall' altro Idrometro, sta alla Media

Velocità Idrometrica, così la celerità superficiale indicata dal Galleggiante (1), sta alla media velocità assoluta di quel volume d' acqua, in cui si fa l' esperienza.

---

(1) Avverte il Sig. Professore *Venturoli*, (Vol. II. artic. 404.), che se la pendenza del Fiume è insensibile, il Galleggiante progredirà con velocità eguale a quella dell' acqua; ma se la pendenza non sarà affatto tale, allora la velocità del Galleggiante si accrescerà oltre quella dell' acqua che lo trasporta. Opina in tal forma, in conseguenza del riflettere, che nel caso di una pendenza sensibile potendosi decomporre il peso del Galleggiante in due forze, l'una perpendicolare, e l'altra parallela al piano che forma la superficie della corrente, l'effetto della prima mentre resta distrutto per la reazione dell' acqua, quello della seconda, egli dice, serve ad accelerare il movimento del Galleggiante medesimo.

Ma perchè accadesse un tale effetto, bisognerebbe che la forza parallela, la quale non può esser che di piccol rilievo, superasse:

I.° La resistenza, che il corpo incontrar dovrebbe per scorrere, o strisciare sulla superficie del fluido.

II.° L'adesione di tutta la massa fluida, che circonda la porzione del Galleggiante, la quale resta immersa nell' acqua.

III.° L' inerzia di quella quantità di fluido che corrisponde alla parte anteriore del Galleggiante,

Se α rappresenta la celerità superficiale indicata dall' Istrumento, o sia dalla prima ordinata del piano delle Velocità Idrometriche; Σ la media velocità idrometrica, rilevata mediante la conoscenza della media ordinata del piano medesimo; β la celerità superficiale mostrata dal Galleggiante; e se indichiamo per X la media velocità assoluta;

Si avrà

$$\alpha : \Sigma :: \beta : X;$$

e perciò

$$X = \frac{\beta \times \Sigma}{\alpha}$$

---

la quale sarebbe forzata ad accelerare il di lei movimento, in conformità di quello del Galleggiante medesimo.

Per quanto grande possa idearsi la pendenza di un Fiume, a me par ben difficile, per non dire impossibile, che la forza orizzontale predetta possa giungere, in un Fiume di corso sufficientemente regolare, a far vincere al Galleggiante gl'impedimenti accennati.

Per quante esperienze io abbia fatte in varie sezioni dell' Arno, ed ancora presso la di lui sorgente, non ho mai avuto luogo di accorgermi di tale accelerazione; ma costantemente ho osservato, che allorquando il Galleggiante ha concepita tutta la velocità della corrente, sempre gli spazj sono stati proporzionali ai tempi spesi nello scorrerli.

§. LXXV.

Non pare che possa aversi difficoltà sopra la sufficiente esattezza dell' espressione dell' X, ogni qual volta gl' Istrumenti siano costruiti con tutta quella precisione, che si può ottenere dai nostri migliori Artefici. Supposta tale esattezza, è facile il conoscere, che in Macchine di tanta semplicità, come sono quelle di cui si parla, gli attriti esser dovranno quasi insensibili, e da potersi trascurare, ancor nel caso in cui si richiedesse scrupolosa precisione. In tal caso pure, ancorchè si considerassero come eguali le velocità superficiali indicate dai predetti Istrumenti, e dai Galleggianti, non s' incorrerebbe in errore, che conducesse a conseguenze da risentirne pregiudizio, quanto alle operazioni necessarie.

Ma se trascurabile è da stimarsi la principal differenza tra le due velocità superficiali, idrometrica ed assoluta, tanto più saran trascurabili le differenze, che potessero immaginarsi aver luogo tra le velocità idrometriche, riscontrate a diversi, ma prossimi gradi d'immersione degl' Istrumenti, come derivanti per la cagione, che la celerità della massa fluida non essendo uniforme in tutti i punti dell' altezza, non posson muoversi dalla medesima

i due Istrumenti con pari facilità nelle varie stazioni.

Perciò sembra chiaro, che tanto in vista dell' accennato riflesso, quanto in conseguenza delle osservazioni di *Bossut* e di *Zuliani*, riferite alla nota del §. LXXI. (per le quali non par certamente che possa aversi alcun dubbio sulla precisione dei risultati dell' Istrumento a bilancia), le diverse velocità Idrometriche relative a' varj siti dell' altezza di un' acqua scorrente, potranno riguardarsi sempre proporzionali alle velocità naturali, o sieno assolute e correspettive ai medesimi siti; ed in conseguenza sembra affatto chiaro, che niente possa ostare alla giustezza dell' espressione della velocità media, o sia di

$$\frac{\beta \times \Sigma}{\alpha}$$

§. LXXVI.

Imaginai, ed eseguii nel luogo istesso, in cui aveva formato il piano delle velocità idrometriche, il seguente esperimento di confronto.

Dedussi primieramente, col medesimo metodo praticato nella determinazione della media velocità assoluta della corrente dalla media velocità Idrometrica, tante linee quante

sono le ordinate A A′, BB′, CC′, DD′, EE′, FF′,. ec. del piano A A′ C′ E′ H′ H (*Fig*. 23.) mediante altrettante proporzioni geometriche simili a quella, con cui al §. LXXIV. si pervenne a conoscere la media celerità assoluta: determinai cioè, sempre con ordine, la quarta proporzionale tra la prima ordinata del piano, una delle ordinate successive, e la linea esprimente la velocità superficiale mostrata da un galleggiante. In tal guisa pervenni a formare un altro piano simile al primo, le di cui ordinate eran tutte proporzionali alle velocità naturali del Fiume, relative a quei tali posti (§. LXXIII.)

Formai quindi una Intelaiatura ABCDOFH (*Fig*. 25.), che mi rappresentasse esattamente il profilo di quel piano, con sottilissimi e strettissimi regoli di legno, di gravità specifica quasi eguale a quella dell' acqua, onde fosse più adattata a concepir con prestezza il movimento della corrente. Tal profilo riescì affatto simile al profilo A′ B′ C′ D′ E′ F′ G′ H′ (*Fig*. 23.)

In seguito presi due sottili cordoncetti di seta M P Q R S T U, M′ P′ Q′ R′ S′ T′ U′ (*Fig*. 25.) di lunghezza perfettamente eguale alla linea del profilo A B C D: infilzai e fermai in quelli, a somiglianza dei paternostri di corona,

le due serie di pallette, P, Q, R, S, T, e P′, Q′, R′, S′, T′ corrispondenti respettivamente alle varie stazioni fatte con gl' Istrumenti. Tali palle erano di un volume sufficiente e colorite, per l'oggetto di poter facilmente ravvisarle ancor sotto l'acqua: la loro gravità specifica era eguale alla gravità specifica dell'acqua, ad eccezione delle due prime M, ed M′, o sia di quelle destinate a scorrere alla superficie, acciò potesser con sicurezza galleggiare.

Fermai finalmente i due fili M P Q R S T U, M′ P′ Q′ R′ S′ T′ U′ con le loro estremità superiori M, M′ alla sottile asta orizzontale M H M′, a cui era pure fermata normalmente l'intelaiatura A B C D O H nel punto H, e con le altre due inferiori U, U′ alla traversa U U′ di gravità specifica sensibilmente maggiore di quella dell'acqua: essa era fermata pure come la superiore M M′ alla medesima intelaiatura A B C D Z O H nel sito Z, conforme chiaramente rilevasi ancora dalla Figura.

Ciò posto, immersi tale apparato nell'acqua, che era limpidissima, in modo, che la linea del Fiume riescisse perpendicolare al piano condotto per le due aste M M′, U U′ tra loro parallele, la prima M M′ natante alla superficie, e la seconda U U′ scorrente presso al fondo.

Trascorsi pochi istanti da che l' apparato fu lasciato in balìa della corrente, o sia dopo che il sistema ebbe concepita perfettamente la velocità dell' acqua, si osservarono le due filze, o serie di globetti P, O, R, S, T; P′ Q′ R′ S′ T′ conformate e disposte a seconda del profilo ABCD. Ripetei per varie volte l' esperimento, e sempre ebbi luogo di osservar l' istessa corrispondenza per tutto quel tratto del Fiume, per cui il corso si conservava uniforme, e per il quale mi presi il divertimento di secondar l' apparato a conveniente distanza.

Dopo la certezza di tale osservazione a me pare, che niuna dubbiezza possa affacciarsi sulla generalità ed esattezza del metodo, che abbiamo esposto al §. LXXIII. per la rettificazione della Media Velocità Idrometrica; e che perciò niente resti a desiderarsi per determinare con esattezza la media velocità di un' acqua corrente.

§. LXXVII.

Conoscendosi in tal guisa la media velocità di un Fiume, la quale abbiamo rappresentata sino ad ora per V (§. L.), e potendosi la medesima velocità determinare egual-

mente in ogni sezione dell'alveo, in cui le acque scorrono con sufficiente regolarità, è manifesto che sempre potrà conoscersi l' esatto valore di V, il quale sostituito convenientemente nelle due formule (T'), (F') (§. LXVII.), serviranno queste a mostrarci con tutta la precisione che si richiede, o per meglio dire, che può ottenersi, la prima (T') l' urto orizzontale, e la seconda (F') la totale e orizzontale azione dell' acqua sopra una superficie finita e data di posizione. Il che è quanto ricercasi per apportare alle dette espressioni tutta quella esattezza di cui le medesime possono essere suscettibili (§. LXVIII.)

CAPITOLO VI.

Delle condizioni necessarie per aversi equilibrio tra l'azione delle acque, e la resistenza tanto degli Argini che dei Muri.

§. LXXVIII.

Venendosi a determinare con la necessaria precisione, mediante la formula (F'), lo sforzo a cui gli Argini e Muri deono opporre valida resistenza, è chiaro esser sempre possibile, in ordine ai principj meccanici, di

stabilire la posizione, grossezza, e forma da darsi ai medesimi, all' oggetto che restino adempiute le condizioni dell' equilibrio fra l' azione dell' acqua, e la resistenza tanto degli argini che dei muri producenti l' istesso effetto.

§. LXXIX.

Per giungere a tale scopo, basta il riflettere, che nel caso dell' equilibrio, l' azione dell'Acqua, che è mostrata dalla formula (F), cioè

$$\frac{1}{2} G h [\frac{1}{3} . l h^2 + (V^2 \overline{\text{sen.} \beta}^2 . \times \overline{\text{sen.} \varphi}^2 . \int l ds + \Delta) \text{sen.} \varphi]$$

(§. LXVIII.) non agisce sull' Argine se non orizzontalmente, o sia con impulso diretto soltanto a rovesciar l' Argine, facendolo rotare sulla linea, che ne determina la base dalla parte esterna (§§. LV., LVI., e LVII.). Ma a questo movimento si oppongono,

I.° La Coesione delle parti.

II.° L' Inerzia dell' Argine (1).

---

(1) Se invece di un Argine si trattasse di un Muro, allora si potrebbe aggiungere di più alla coesione delle parti, ed all' inerzia, la pressione e impul-

La prima, o sia la coesione delle parti, indipendente affatto dal peso dei corpi che lo compongono, è una quantità estremamente variabile, come che derivante dalla maggiore o minore tenacità della terra di cui l' Argine è composto (XXXI.), dalla maggiore o minor diligenza usata nello spianare, e assodare gli strati, o suoli, nel tempo della lor costruzione

---

sione verticali dell' Acqua, indicate da

$$Q' = G \times \int l z d y$$

$$(E'') = (G \times V^2 \times \overline{\text{sen.}\,\beta}^2 \times \overline{\text{sen.}\,\varphi}^2 \times \int l d s\,\Delta) \times \cos.\,\varphi$$

§§. XLIII., LII., e LXVI, i momenti delle quali sono proporzionali respettivamente a

$$G \times \int l z d y \times \pi, \text{ e}$$

$$(G \times V^2 \times \overline{\text{sen.}\,\beta}^2 \times \overline{\text{sen.}\,\varphi}^2 \times \int l d s + \Delta) \times \pi'.\ \cos.\,\varphi$$

qualora si denotino per π, e π' le distanze delle direzioni centrali tanto della pressione, che dell'impulsione dalla linea che limita esteriormente la base del muro, attorno alla quale dovrebbe rotare rovesciandosi. La ragione per cui a riguardo dei muri si possono aggiungere gli effetti di queste due forze, fu già accennata al §. XLVI. Avrem luogo di vedere in seguito (§. LXXXIII.) quanto l' effetto di tali forze sia insensibile ancora a riguardo dei Muri, e come dentro certi limiti, sia quasi indifferente per l'equilibrio, o il computarlo, o il trascurarlo.

(*ivi*); e secondo che tal considerazione vien riferita ad una, o ad altra sezione dell' Argine medesimo. Se noi prescindiamo dai primi due casi, cioè, se supponghiamo eguali, la tenacità della terra, e la diligenza nel costruirlo, allora è chiaro, che la coesione sarà proporzionale alla grandezza delle sezioni alle quali vien riferita.

Noi ci contenteremo d' indicare tal coesione per Θ, riportandoci all' esperienze che possono e debbon farsi opportunamente, all' oggetto di determinarla come conviensi.

§. LXXX.

È assai facile il determinare ancor con precisione la coesione della materia di cui l' Argine è formato.

Sia ABCD (*Fig.* 3.) un Cubo di conosciuta grandezza, formato con terra della medesima qualità di quella dell' Argine, assodata e battuta con pari diligenza. È noto per l' antecedente paragrafo, che la tenacità o Coesione, che impedisce il distacco della base ABC dal piano su cui è posata, è alla Coesione della base dell' Argine col piano che lo sostiene, indipendentemente dai loro pesi, come la base del Cubo è alla base dell' Argine.

Conosciuta pertanto, mediante l' esperienza, la forza di Coesione, che lega le particelle terree costituenti il cubo ABCD, sarà cognito altresì, quanto la coesione indicata influisca alla maggior robustezza dell' Argine di cui si tratta.

Sia a tale effetto Q un grave equivalente al peso del cubo terreo ABCD, ed all' attrito che il medesimo cubo soffrirebbe, qualora dovesse scorrere sulla propria base ABC (§. LVII.).

Ora, mediante la corda OPLMNL, e la puleggia P, si adatti il peso Q in modo, che il di lui effetto sia diretto a fare scorrere il corpo ABCD orizzontalmente, conforme rilevasi ancora dalla Figura. Ciò posto, se aumentasi gradatamente il peso Q sin tanto che arrivi ad eguagliare precisamente la resistenza, che fa il corpo ABCD, per passare dallo stato di quiete a quello di moto, questa quantità di peso (prescindendo dalla rigidezza della corda, e dall' attrito della puleggia), sarà precisamente la misura della tenacità Θ, con cui le parti del medesimo stanno aderenti, o legate scambievolmente sul punto della frattura, o sia del distacco. (1)

---

(1) Essendo la coesione l'unione scambievole del-

§. LXXXI.

La seconda causa della resistenza dell' Argine, cioè la di lui inerzia, si oppone alla caduta con momento proporzionale al peso del tronco dell'Argine, moltiplicato per la distanza che passa tra la direzione del centro di gravità dell'Argine, e la linea della base esteriore attorno alla quale il tronco dovrebbe rotare.

Ora, siccome la sezione in profilo di un Argine è rappresentata comunemente da un trapezio, (§. XXXVIII.), i di cui lati non paralleli sono per l'ordinario egualmente inclinati; così è chiaro, che chiamando p, e q i lati paralleli p l'inferiore, e q il superiore, h la loro distanza verticale; l'area della sezione verticale, o sia profilo, sarà eguale a

$$\left(\frac{p+q}{2}\right)\times h$$

Ciò premesso, se indichiamo per λ la gra-

---

le parti costituenti i corpi, o sia la causa mediante la quale tali parti resistono allo sforzo tendente a separarle, è manifesto che la resistenza che presentano in questo caso, debba esserne la misura precisa.

vità specifica della materia, il momento m di tal sezione, la di cui grossezza $=1.$; sarà

$$m=\left[\left(\frac{p+q}{2}\right)\times\lambda\times h+\Theta\right]\times\frac{p}{2}:$$

E quello di tutto il tronco dell' Argine investito dalla corrente, la di cui lunghezza sia $=l$, come al §. XLII., sarà espresso da

$$m'=\tfrac{1}{2}lp\times\left[\left(\frac{p+q}{2}\right)\times\lambda\times h+\Theta\right]$$

$$=\tfrac{1}{2}\cdot lp\times(\lambda\times K+\Theta),$$

facendo $\left(\frac{p+q}{2}\right).h=K$

§. LXXXII.

Laonde è manifesto da tutto ciò che si è detto, che per avere equilibrio tra l' azione totale dell' acqua mostrata dalla formula (F') (§. LXVII.), cioè proveniente tanto dal momento (R) della pressione (§. XLIV.), che da quello dell' urto orizzontale, che indica la formula (T') (§. LXVII.), tendenti ambedue al rovesciamento dell'Argine attorno alla linea che ne circoscrive la base esteriormente, e la reazione dell'Argine medesi-

mo $= m'$, dovrà verificarsi la seguente equazione

$$(A) \frac{1}{2} . h G [\frac{1}{3} l h^2 + (V.^2 \overline{\text{sen.} \beta}^2 . \overline{\text{sen.} \varphi}^2 \int l ds + \Delta) \text{sen.} \varphi .] = \frac{1}{2} . l p \times (\lambda \times K + \Theta), \text{ (1)}$$

ovvero

$$\frac{1}{2} h G [\frac{1}{3} l h^2 + (V.^2 \overline{\text{sen.} \beta}^2 . \overline{\text{sen.} \varphi}^2 \int l ds + \Delta) \times \text{sen.} \varphi] = q' \cos. \varphi . (V.^2 \overline{\text{sen.} \beta}^2 . \overline{\text{sen.} \varphi}^2 \int l d s + \Delta) G + p' . G \int l z d y + \frac{1}{2} . l p (\lambda \times K + \Theta)$$

nel caso che si volesser considerare ancora i momenti della pressione e dell' urto vertica-

---

(1) Nell' ipotesi che la sezione verticale dell'Argine sia simile al trapezio E F G H (Fig. 2.), conforme suol' esser costantemnte (§§. XXXVII., e XXXVIII.), o sia che il profilo della faccia dell' ostacolo in generale al contatto dell'acqua, venga indicato da una linea retta G E $= a$, l' espressione della superficie dell' ostacolo $= \int l d s$, diventerà eguale ad $l \times a$, e l'equazione d' equilibrio (*A*) diventerà in tal caso

$$\frac{1}{2} G h [\frac{1}{3} l h^2 + (V.^2 \overline{\text{sen.} \beta}^2 . \overline{\text{sen.} \varphi}^2 a l + \Delta) \text{sen.} \varphi] = \frac{1}{2} . l p \times (\lambda \times K . + \Theta),$$

che è intelligibile ancora a quelli, i quali sappiano poco più delle definizioni delle prime operazioni analitiche.

li (vedansi i §§. XLIV. LII., e LXVI.), riferiti all' asse del moto per le distanze p', q'.

Se il profilo dell' argine non sarà un trapezio come lo abbiamo supposto, e come suol esser generalmente (§. XXXVIII.), allora sostituiremo a K, e $\frac{1}{2}$ ogni altro valore che potrà convenirgli, in correspettività di quella qualunque siasi figura, che possa prendere il profilo indicato.

Ed affinchè vi sia equilibrio fra la predetta azione dell' acqua e la resistenza di un muro (XLVI.), dovrà verificarsi l' equazione

$$(B)\ \tfrac{1}{2} h G \left[\tfrac{1}{3} l h^2 + \left(V.^2 \overline{\text{sen}.\beta.}^2\, \overline{\text{sen}.\varphi.}^2 \int l\, ds + \Delta \right) \text{sen}.\varphi \right]$$

$$= l. (\lambda' \times K' + \Theta') \tau + G. \int l z\, dy \times \pi' +$$

$$\pi. \cos.\varphi. \left(V.^2\, \overline{\text{sen}\,\beta}^2.\, \overline{\text{sen}.\varphi}^2. \int l\, ds + \Delta \right) G$$

Essendo sempre $l =$ alla lunghezza del muro;

$\lambda' =$ alla di lui gravità specifica;

$K' =$ alla sezione del profilo CDEF (*Fig.* 4.);

$\tau =$ alla distanza DS della direzione del centro di gravità H del muro dalla linea corrispondente al punto D, attorno alla quale il muro dovrebbe rovesciarsi;

$\Theta' =$ alla coesione delle parti;

$\pi' =$ alla lunghezza DL, che misura quan-

to la direzione della pressione $IL = \frac{1}{3}.FQ$ (§. XLIV.), è distante dall' asse del moto corrispondente al punto D;

$\pi =$ DP distanza della linea di rotazione dalla verticale OP abbassata dal punto O mezzo di CF, in cui può considerarsi raccolta tutta la impulsione, o sia urto, che l' acqua esercita verticalmente sopra il muro il di cui profilo è indicato da CF.

L' integrale $G.\int z\,dy$ dee prendersi per tutta la distanza GF, o sia da C sino in F.

§. LXXXIII.

La considerazione dell'angolo, sotto il quale la corrente percuote il piano d' un ostacolo, congiunta con quella del movimento delle acque al di lui contatto, può molto influire a render più semplice in varj casi l' equazione (*B*), che mostra l' equilibrio tra l' azione dell' acqua, e le resistenze dei muri di rivestimento.

In qualunque maniera urti l' acqua sopra il piano d' un ostacolo; la medesima è per la reazione di tal piano respinta in senso opposto, con momento proporzionale a quello con il quale giunse a percuoterlo.

Chiamando R quest' urto mostrato dalla

formula (E) del §. L., il quale si esercita normalmente sopra un piano inclinato al livello dell'Acqua del Fiume per l' angolo φ, il di lui sforzo orizzontale a riguardo di tal piano sarà evidentemente eguale ad $R \times \text{sen.}\ \varphi$, e quello verticale, o sia d' alto in basso $= R \times \cos.\ \varphi$.

Ora, questo sforzo verticale $R \times \cos.\ \varphi$ è manifestamente tanto più piccolo, quanto più piccolo riesce il coseno dell' angolo φ, o sia quanto più l' angolo φ si accosta verso il massimo degli angoli acuti. Ma a riguardo dei muri di rivestimento quest' angolo non suol discostarsi molto dall' angolo retto; sicchè in tal caso l' effetto dello sforzo mostrato da $R \times \cos.\ \varphi$ non potrà essere se non di piccol valore.

E siccome è noto d'altronde, che l' impulsione prodotta da una forza urtante e scorrente nel tempo istesso, è in ragione inversa di questo secondo movimento; così è manifesto, che con quanta maggior celerità l' Acqua striscerà lungo il piano percosso, o sia, in pari circostanze, quanto più piccolo sarà il quadrato del seno dell' angolo β, tanto più ancora sotto questo riflesso l' impulsione $R \times \cos.\ \varphi$ diverrà meno sensibile, e perciò sempre più trascurabile.

Con un ragionamento affattò simile si perverrebbe a mostrare, che la pressione pure verticale, dentro quegli stessi termini, diverrebbe di piccol rilievo, e che per conseguenza potrebbesi trascurare, conforme abbiam detto dell' urto.

Ciò mostra patentemente, come in quelle tali circostanze, l' equazione d' equilibrio (*B*) si potrebbe ridurre alla seguente

$$(C)\ \tfrac{1}{2}.Gh.[\tfrac{1}{3}.lh^2+(V^2.\overline{\text{sen}.\beta}^2.\overline{\text{sen}.\varphi}^2.\int l\,ds+\Delta)\,\text{sen}.\varphi]$$
$$=l\tau\times(\lambda'\times K'+\Theta'),$$

che è molto più semplice, ed affatto simile a quella (*A*), che stabilisce l' equilibrio tra l' azione dell' acqua e la resistenza degli Argini.

§. LXXXIV.

Era però necessario consultar l' Esperienza,
„ Ch' esser suol fonte a' rivi di nostre arti „
all' oggetto di pervenire a conoscere i limiti, dentro i quali le condizioni d' equilibrio presentate dalla nuova equazione (*C*), si conservino pressochè le medesime di quelle dell' equazione (*B*), in cui si ritengono i momenti dell' impulsione e pressione verticali.

Fatte in vero su tal proposito varie ricerche, ho avuto luogo di osservare per quanto mi è sembrato, che l'azione della corrente sopra la scarpa di un piano sufficientemente pulito, risultante dalla somma della pressione e dell' urto verticali, sia di pochissimo conto, sin tanto che i due angoli φ, e β, i quali mostrano la doppia inclinazione che il filo della corrente può avere col piano percosso, non divengano, il primo φ minore di 75. gradi, ed il secondo β maggiore di gradi 45.

L' angolo φ di 75. mostra una scarpa o pendenza che è delle più grandi, che si dieno a quei Muri, i quali si costruiscono sulle rive dei Fiumi. L' angolo β come eguale al semiretto, mostra una inclinazione della linea della corrente tale, di cui non è frequente il caso, che se ne vedano delle maggiori.

Bastano questi riflessi ad assicurarci del piccolo, e quasi insensibile scapito, che far dovrebbe la resistenza di un ostacolo, qualora si sopprimessero in generale dall'equazione d'equilibrio (B), i momenti della pressione e dell' urto verticali.

In tal modo, mentre poco o niente verrebbe a soffrirne il rigore geometrico, se ne renderebbe più facile e più comoda l' applica-

zione in caso pratico; e si verrebbe in tal guisa a provvedere con maggior certezza alla stabilità di tutte quelle Opere, che possono essere esposte all' urto delle acque.

§. LXXXV.

Il metodo da me immaginato e praticato per far le suddette esperienze è il seguente. Nella sponda di un Canale per cui, con velocità di metri 1,299. per secondo, scorrevano Acque per servigio di Mulino, feci fare un Taglio di un metro per lunghezza. In questa apertura adattai il prisma A B C D (*Fig. 5.*) composto con Tavole, e che aveva già fatto preparare a tale effetto. Il piano o faccia A B C D del medesimo, e di cui comodamente potea variarsi l' inclinazione, corrispondeva in linea col resto della sponda, in cui rimaneva incassato. Il corpo prismatico A B C D P collocato al suo posto combaciava, o per meglio dire, riempiva perfettamente quell' apertura, nell' istessa guisa, che una cateratta ben costruita sigilla nel posto per cui è stata fatta. Il detto corpo A B C D P sostenevasi a qualche distanza dalla soglia, o fondo dell' apertura, corrispondente inferiormente al fondo del canale, col mezzo dei due Vetti, o Bi-

lance EF, e GH, e delle Corde CE, e GD.

Tutto questo apparato, da cui erano stati *eliminati* gli attriti con pesi collocati opportunamente sul piano CO, e nei due piatti M, ed N, costituiva un perfetto equilibrio.

Incominciate quindi le osservazioni, e cambiando ordinatamente l'inclinazione della faccia ABCD, e quella della corrente a riguardo dell'incidenza orizzontale, non mi accorsi mai che il sistema soffrisse alterazione sensibile, sin tanto che l'angolo DBP $= \varphi$ non divenne minore di 75. gradi (giacchè la linea BP riesciva parellela al pelo dell'acqua), e sin tanto che l'angolo β non si accostò ai gradi 45. circa.

§. LXXXVI.

Le ragioni per le quali dall'equazione (*B*), che stabilisce le condizioni per l'equilibrio tra la totale azione dell'Acqua, e la resistenza di un Muro, si possono trascurare i momenti della pressione, e dell'urto verticali, militano ancora nell'equazione (*A*) (§. LXXXII.), che fissa le condizioni per l'equilibrio tra la predetta azione orizzontale dell'acqua, e la resistenza di un Argine. Ora, siccome a riguardo degli Argini vedemmo già ai §§. XLV.,

e LII., come d' altronde quei momenti possano trascurarsi; così resta tanto più manifesto, come le condizioni d' equilibrio in riguardo a questi, sieno affatto ristrette nell' equazione

$$(A)\ \tfrac{1}{2}.Gh.[\tfrac{1}{3}.lh^2+(V^2.\overline{\text{sen.}\,\beta}^{\,2}.\overline{\text{sen.}\,\varphi}^{\,2}.\int l\,ds+\Delta)\,\text{sen.}\,\varphi$$

$$=\tfrac{1}{2}.l.p\times(\lambda\times K+\Theta),$$

della quale, attesa la di lei semplicità, ne resta facilissima l' applicazione alla pratica.

CAPITOLO VI.

Modo per determinar le grossezze degli Argini e Muri destinati all' uso medesimo.

§. LXXXVII.

Resta ora a conoscersi quali grossezze si convengono agli Argini ed ai Muri, affinchè sussistano le due equazioni (*A*), e (*C*), le quali stabiliscono le condizioni per l' equilibrio tra le resistenze di questi, e l' azione orizzontale delle Acque, che può rovesciarli.

Nel far tal ricerca, mi ristringerò soltanto ad una sezione dei medesimi, la quale sup-

porrò di grossezza eguale ad uno, o sia come elemento delle loro solidità; sì perchè le grossezze tanto degli Argini che dei Muri sogliono esser sempre eguali per tutto il tratto delle respettive loro lunghezze; e sì perchè qualora non fossero, o non dovessero esser tali, si potrebbe con egual ragionamento determinarle secondo l'opportunità de' varj casi, che potessero occorrere. E siccome son simili le due equazioni (*A*), e (*C*), così mi risparmierò di considerar ciascuna separatamente, giacchè ad ambe due si convengono gli stessi riflessi.

§. LXXXVIII.

Ciò avvertito, si comincerà, per più semplicità, dal determinar la grossezza dell'Argine, nell'ipotesi che la di lui sezione verticale sia il rettangolo A B C D (*Fig.* 6.), e quindi ne dedurremo la grossezza, che si ricerca per qualunque altra figura possa prendere il profilo del medesimo, all'oggetto che si abbia sempre, e in tutti i casi, il necessario equilibrio.

Essendo pertanto A B C D il profilo dell'argine, si avrà $p = BD = AC = q$; $K = h.\left(\frac{p+q}{2}\right) = p \times h$. Sostituiti questi *valori*

nel secondo membro dell' equazione (*A*), e supposto per più semplicità il primo membro della medesima $= S$, avremo posta $l = 1$

$$S = \frac{p^2 h \lambda + p \Theta}{2},$$

o sia

$$h \lambda p^2 + \Theta p - 2 S = 0;$$

e quindi

$$p = \frac{-\Theta + \sqrt{(\Theta^2 + 8 h \lambda S)}}{2 . h . \lambda} \text{(1)}$$

sarà la grossezza che si ricerca, affinchè l'Argine dell' altezza eguale ad h faccia equilibrio alla forza della corrente, che tende a rovesciarlo attorno l' angolo CDF.

§. LXXXIX.

Può altresì determinarsi tal grossezza in altra maniera più semplice, ed affatto intelligibile ancora a quelli, i quali ignorino quasi del tutto i principj del calcolo.

Sia C la media celerità del Fiume, la qua-

---

(1) E' stato lasciato al radicale il solo segno + ed omesso il segno —, per la ragione che il valore sodisfaciente di p non è che uno e positivo.

le determineremo in conformità di quanto fu detto nel capitolo antecedente, o di quanto avrem luogo di osservare nell' Appendice, che segue alla fine di questo (1). Si cerchi nella Tav. I.ª delle impulsioni (§. LXI.) una velocità eguale alla velocità C se pure vi è: in caso diverso, restando quella compresa tra due prossime della Tavola indicata, s' insinuerà ordinatamente tra queste, e le impulsioni loro corrispondenti, un sufficiente numero di celerità, e d' impulsioni medie proporzionali, ed osserveremo in seguito a quale di tali medie celerità potrà riguardarsi come eguale, senza sensibile errore, la celerità C. Si noterà inoltre quella media impulsione, che alla detta celerità corrisponde.

Ciò posto, è manifesto, che quest' impulsione mostrata dalla Tavola sarà affatto egua-

---

(1) E' inutile l'avvertire, come C non debba rappresentar soltanto la Media Velocità della corrente, a riguardo di una sezione verticale del piano dell' ostacolo di grossezza eguale ad un piede (Metr. o, 325.), ma bensì la Media Velocità di tutta la massa Fluida, che investe la totalità del piano medesimo. Per determinare tal velocità potrà osservarsi particolarmente ciò che si dice ai §§. CVII., e CVIII., in cui si accenna il metodo per conoscere la portata dei Fiumi.

le a quella, che la corrente del Fiume potrebbe produrre sopra un piede quadrato, o sieno Metri quadrati 0,1055. della superficie dell'Argine o Muro, su cui urtasse perpendicolarmente.

Ora, se moltiplichiamo per il numero dei chiliogrammi, grammi, e milligrammi, o pure per quello delle libbre, oncie, e danari, esprimente la detta impulsione, per quello de' piedi quadrati esprimenti la superficie percossa (1); è chiaro:

I.° Che tal prodotto fatto eguale a Q esprimerà la totalità dell' urto, che l' Acqua esercita sopra l' ostacolo.

II.° E che $\frac{1}{2}.hQ$ esprimerà l' intensità del di lei momento a riguardo del medesimo ostacolo, qualora per *h*, che rappresenta l'altezza dell' Argine, o Muro percosso, s'intenda sempre rappresentata ancora l' altezza dell' Acqua urtante (§. LII.)

Se la superficie percossa non sarà normale alla linea del filo della corrente, si moltiplicherà l' espressione del momento dell' impulsione $\frac{1}{2}.hQ$ per i quadrati dei due seni degli angoli della doppia inclinazione, che il medio andamento del Fiume può avere so-

---

(1) Vedasi la nota del §. LXXXII.

pra il piano dell' ostacolo di cui si tratta.

§. XC.

Quì pure convien rinnovare la considerazione fatta altre volte sopra la grandezza degli angoli d' incidenza. Se questi saranno maggiori di 60. gradi, l'indicato prodotto potrà ritenersi per esatto: ma se gli angoli saranno minori di 60. gradi, allora ci regoleremo nel modo che fu espresso ai §§. LXIV., LXV., e LXVI., all' oggetto di correggerlo come si conviene.

Usata tale avvertenza è affatto evidente, che aggiungendo al momento dell' urto $= \frac{1}{2} \cdot h$ Q quello della pressione orizzontale P (1), che è eguale a $\frac{1}{3} \cdot h$ P (§. XLIV.), la somma di tali momenti esprimerà la totale e orizzontale azione dell' acqua contro il piano dell' Argine, o Muro dalla corrente premuto e percosso.

Chiamando A quest' azione; R la resisten-

(1) La pressione orizzontale P è eguale (§§. XLIII., e XLIV.) alla metà del prodotto risultante dal moltiplicare la gravità specifica dell' acqua, per il quadrato della di lei altezza viva al contatto della superficie premuta, e per la lunghezza di questa medesima superficie.

za dell' ostacolo di grossezza eguale ad uno (§. LVII.) (1); M il momento di tal resistenza (§§. LXXIX., LXXX., e LXXXI.)

L' equilibrio fra l' azione dell' Acqua $= A$, e la reazione dell' ostacolo $= M$, dipenderà dalla verificazione dell' equazione

$$A = \mu M,$$

essendo μ un coefficiente indeterminato, e per cui intenderemo rappresentata la grossezza dell' Argine, o del Muro in questione.

E' noto per la Meccanica, che la resisten-

---

(1) Se prendasi il Piede cubico per unità di misura, abbiamo dall' esperienze,

I.° Che un Piede cubico d' Acqua pesa 34. Chiliogrammi, e 265. Grammi.

II.° Che un Piede cubico di terra argillosa, o sia di quella qualità, di cui si fa uso più comunemente nella formazione degli Argini, è 48. Chiliogrammi e 950. Gramm.

III.° E che un Piede cubico di muro pesa circa 58. Chiliogrammi e 641. Grammi.

Se in vece del Piede si prenderà per unità di misura il Metro cubico, si avranno respettivamente i pesi seguenti.

Metro cubico d'Acqua $=$ Chiliogr. 1000.
Metro cubico di Terra $=$ Chiliogr. $1428\frac{4}{7}$.
Metro cubico di Muro $=$ Chiliogr. $1715\frac{2}{7}$

za di un corpo rettangolare contro una spinta orizzontale si accresce in ragione della grossezza, ed il momento in ragion duplicata della grossezza medesima. Quindi

$$\mu = \frac{\sqrt{A}}{\sqrt{M}}$$

sarà la grossezza che dovrà aver l'Argine, o il Muro di rivestimento, e di forma parallelepipeda, all'oggetto che faccia equilibrio alla forza dell'acqua, che tende a rovesciarlo.

§. XCI.

Applichiamo questa formula ad un esempio. Supponghiamo l'altezza dell'Argine h = 10. piedi (= a metri 3,248); la di lui lunghezza l = a piedi 120. (= a metri 38,980.); la media celerità C = 10. piedi (= metri 3,248.). L'impulsione diretta dovuta a tal celerità, e relativa ad una superficie di un piede quadrato, o sia di metri quadrati 0,1055., trovasi dalla Tav. I.ª eguale a chiliogrammi 58,741.

Ciò posto, se facciansi le opportune operazioni, si vedrà facilmente I.° Che il momento dell'urto normale e orizzontale su tutta la superficie dell'Argine di 1200. piedi quadra-

ti (= a metri quadrati 126,6.), risultante dal moltiplicare i piedi 120. di lunghezza per i 10. piedi esprimenti l'altezza, sarà eguale a chiliogrammi 352284. II°. Che il momento della pressione orizzontale sopra quella medesima superficie di 1200. piedi quadrati, sarà eguale a chiliogrammi 665300. III.° che in conseguenza la totale azione dell' acqua indicata da A, si troverà eguale a 352284. chiliogrammi più 665300 chiliogrammi, o sia a chiliogrammi 1017584. IV.° Che finalmente il momento della resistenza M, prescindendo dalla coesione della terra, di cui l'Argine è formato, sarà eguale a chiliogrammi 28370.

Sostituiti quindi tali *valori* nell'equazione

$$\mu = \frac{\sqrt{A}}{\sqrt{M}},$$

si avrà

$$\mu = \frac{\sqrt{A}}{\sqrt{M}} = \frac{\sqrt{1017584}}{\sqrt{28370}} = 5.\text{pied.}, 8.\text{ poll.}, \text{e } 5.\text{ lin.},$$

o sia a metri 2,0843. circa. E questa è la grossezza, che nell' ipotesi dell' urto diretto, dee aver l'Argine di forma parallelepipeda, all'oggetto che faccia equilibrio all' azione dell' acqua, che tende a rovesciarlo.

§. XCII.

Se poi la superficie non sarà verticale, o se l'acqua non l'urterà normalmente, allora si avrà ricorso alla Tav. II.ª, o per prendere ivi le impulsioni che possono occorrere, ed operare come si è detto per la Tavola antecedente, ovvero (ciò che riescirà ancora più comodo e facile), per conoscere per di lei mezzo, di quanto l'urto obliquo è minore dell'urto diretto sotto velocità eguali. E siccome due possono essere le inclinazioni del filo della corrente sulla faccia dell'ostacolo, così due saranno le differenze, che converrà cercare, qualora le dette due inclinazioni non sieno eguali. Conosciute tali differenze, che intenderemo rappresentate per $\frac{1}{\gamma}$, e $\frac{1}{\gamma'}$, è manifesto, che moltiplicando per esse il valore di μ determinato per l'urto diretto, verrà il medesimo a correggersi in conformità dell'obliquità degli angoli, sotto de' quali l'Argine resta percosso. Se poi i due angoli d'incidenza saranno ambedue maggiori di 60.°, potremmo in tal caso risparmiarci simil ricerca, ed eseguire con pari successo, per le ragioni altrove avvertite (§. LXI.), la medesima correzione, moltiplicando cioè l'impulsione diretta

per i quadrati dei seni spettanti ai due angoli divisati.

§. XCIII.

Se poi la sezione dell' Argine, o del Muro non sarà indicata dal rettangolo ABCD, ma da un trapezio simile al trapezio GLPF (*Fig.* 7.), conforme suol esser difatti, la di lui grossezza potrà sempre desumersi da quella, che gli converrebbe essendo di forma parallelepipeda.

Immaginiamo per un istante, che il trapezio GLPF (*Fig.* 8.) sia equivalente al rettangolo ABCD, e che il suo centro di gravità H si trovi nella medesima linea OQ, in cui si trova quello del rettangolo ABCD. Il momento del profilo ABCD sarà al momento del profilo GLPF, come OD ad OP, che sono le distanze delle direzioni centrali dai due angoli D, e P attorno ai quali i profili dovrebber rotare rovesciandosi.

Ciò posto, è manifesto, che non trattasi ora, per risolver la questione, se non di determinare la larghezza del profilo GLPF, per la quale, il suo momento riesca eguale al momento dell' altro ABCD, che fa equilibrio a tutta la forza dell' acqua con la grossezza

$$p = \frac{-\Phi + \sqrt{(\Theta^2 + 8h\lambda S)}}{2.h\lambda},$$

ovvero

$$\mu = \frac{\sqrt{A}}{\sqrt{M}}$$

conforme osservammo ai §§. LXXXVIII. e XC.

Ora, se riflettiamo che i due profili debbono avere l' istessa altezza, potrà manifestamente conseguirsi l' intento, mediante una delle due proporzioni che seguono

$$\text{I.}^a \quad OP : OD :: BD : \frac{BD \times DO}{OP},$$

o sia

$$\frac{p+b}{2} : \frac{p}{2} :: p : \frac{p^2}{p+b}.$$

$$\text{II.}^a \quad \frac{\mu+b}{2} : \frac{\mu}{2} :: \mu : \frac{\mu^2}{\mu+b}$$

qualora si facciano opportunamente le convenienti sostituzioni, e si denoti per b la scarpa esterna dell' argine $= DP + CF = \frac{1}{2}.h$ (§. XXXVIII.), oppure da stabilirsi secondo che lo possan richiedere le varie circostanze. Il quarto termine di questa proporzione è quello, che mostra la grossezza, che dee aver l'Argine, affinchè soddisfaccia alla condizione che si ricerca.

Quindi manifestamente rilevasi, che la grossezza media per gli Argini, ed in conseguenza ancora per i Muri che ne fanno le veci, è eguale al quadrato della grossezza, che convien loro per la forma parallelepipeda, diviso per la medesima semplice grossezza congiunta alla scarpa, o pendenza esterna dell'Argine, o Muro, a cui vien riferito il discorso.

§. XCIV.

Determinato quanto è necessario in conformità delle due equazioni (*A*), e (*B*) per aversi equilibrio tra l'azione delle acque, e la resistenza tanto degli Argini che dei Muri esposti all'impeto delle medesime, si procederà inoltre a dar loro quella maggiore stabilità, che richiedesi per la sicurezza di buono effetto,

I.° O col corregger la lor posizione, rendendoli più obliqui alla linea della corrente.

II.° O con l'aumentarne la scarpa, o sia obliquità col piano superficiale dell'acqua.

III.° O con l'accrescere la loro grossezza.

IV.° O col cuoprire le superficie degli Argini, e principalmente quelle che restano esposte all'azione delle acque, con Piante Gra-

(1) Vedasi la nota del §. CLXIV.

minacce, e da far siepe (1), affine di rendere in tal modo più lieve il momento della corrente a riguardo dell'Argine, e più compatta la superficie investita, acciò non resti franata e corrosa.

V.° O finalmente coll'usare maggiori diligenze nello scegliere ed approntare la terra argillosa per costruirgli, e nel porre in pratica tutte quelle precauzioni, che abbiamo accennate ai §§. XXIX., XXX, XXXI., e XXXII., e le quali vengon pure proposte ed inculcate da tutti gl'Intelligenti, i quali trattano della formazione delle Dighe e degli Argini.

Qualora le accennate avvertenze non fosser bastanti a conservar gli Argini dalle corrosioni in qualche situazione più esposta all'urto diretto della corrente (come potrebbe succedere specialmente in quei luoghi, in cui non si trovasse la terra oleaginosa e duttile della perfezione, che si richiede), in tal caso si avrà ricorso all'uso delle Sassaie, cioè si cuopriranno le superficie e scarpe interne degli Argini, in quei tali siti, con pietre di cava, o cantoni di smalto, mescolati con Vetrici, Salci, e altri arboscelli consimili, inseri-

(1) Vedasi la nota del §. CLXIV.

ti, e disposti tra le loro fessure, onde abbian luogo di germorgliarvi, per l'oggetto d'impedire alle acque di agire direttamente sopra le fragili superficie dei medesimi.

§. XCV.

Col mezzo delle sopraindicate precauzioni, potranno consolidarsi gli Argini e Muri a segno (riferendo loro respettivamente alcuna di quelle avvertenze che posson convenirgli) da rendergli validissimi per resistere allo sforzo combinato dell' urto e pressione orizzontali delle Acque; e si allontanerà in tal guisa il pericolo, che risentan da quelle alcun nocumento.

E queste sono in generale le regole fondamentali, che debbono necessariamente osservarsi e praticarsi nel costruire tanto Argini, Muri di rivestimento, e Pignoni, quanto qualunque altro lavoro esposto all' impeto delle acque correnti, affine di dare a tali Opere una stabilità conveniente, e proporzionata all' oggetto della loro destinazione.

Possono altresì consultarsi con somma utilità le riflessioni sopra le rotte dei Fiumi, che il Sig. *Professor Gerbi* pubblicò nel 1806., quando tante estensioni della Toscana, e spe-

cialmente dell' Agro Pistoiese, furono afflitte da inondazioni straordinarie (1).

§. XCVI.

Assai mi spiace di non essere in grado da poter progredire con i due miei Idrometri l'esperienze, che tenderebbero a far conoscere in maniera diretta, se pure è possibile, conforme credo, la media velocità delle acque di un Fiume, per mezzo della semplice conoscenza I.° Della velocità superficiale. II.° Dell' altezza dell' acqua. III.° Della pendenza dell' Alveo.

§. XCVII.

Sarà forse questa per me una dolce lusinga, nascente dal desiderio, che mi anima ad occuparmi in cose che interessino il ben pubblico.

Ma riflettendo sopra il movimento delle acque dei Fiumi, non ha dubbio che in questo influiscano:

I.° La pendenza dell' Alveo:

II.° L' altezza dell' Acqua scorrente.

---

(1) Atti dell' Accademia Pistoiese tom. I.

III.° Le scabrosità del Fondo, e delle Ripe.

Ora, il movimento dell'acqua altro non è che la conseguenza della media velocità della medesima, o viceversa. Quindi manifestamente ne segue, che la media velocità della corrente, non può esser che funzione di quelle tre variabili, o sia $= f(\text{sen.}\,\omega, y, z)$ indicando per sen. ω la pendenza dell'alveo; per y l'altezza dell'acqua; e per z le scabrosità di quel corso.

§. XCVIII.

Noi mostrammo nella Memoria (1) inserita nel Tom. XV. degli Atti della Società Italiana delle Scienze, già avvertita al §. XX., come l'influenza delle scabrosità degli Alvei riguardo al corso delle acque possa desumersi dalla celerità superficiale: Abbiamo altresì osservato (2) come questa celerità superficiale possa conoscersi con ogni esattezza in qualunque sezione del Fiume.

---

(1) Ricerche per conoscere i rapporti delle velocità delle acque in Andamenti, nei quali s'incontrino differenti attriti.

(2) Vedasi la nota al §. LXXIV.

Perciò detta M la media celerità, sarà

$$M = f(\text{sen.}\,\omega, y, z) = f(\text{sen.}\,\omega, y, x)$$

sostituendo la variabile x indicante la velocità superficiale, in vece dell' altra z, esprimente le resistenze del fondo e delle ripe altrove indicate.

XCIX.

Tale è il risultato de' miei riflessi, il quale desidero vivamente di sottoporre alle necessarie ed opportune prove, per conoscere se il medesimo sia suscettibile di quella generalità ed estensione, della quale ho forti ragioni di lusingarmi.

Verificatasi tal premessa, si potrebbero in seguito dedurne generali conseguenze, a riguardo dell' interessantissimo oggetto di ben dirigere e regolare le acque per gli Alvei, all' effetto di prevenirne le corrosioni, e le rotte.

C.

Per giungere a quello scopo, o sia per facilitaare la maniera di sottoporre al calcolo l' andamento, e gli effetti delle acque scorrenti per gli Alvei, vorrei trovare con uno de' miei Istrumenti la celerità media (§§. LXXI., e

LXXII.) in ciascuna sezione dell' intiero corso di un Fiume, cominciando dal suo sbocco nel Mare fino al sito in cui s' interna tra i monti, o viceversa; e vorrei di più ripetere questi esperimenti a diverse escrescenze del Fiume medesimo.

Conosciuta in tal guisa in quelle diverse sezioni del Fiume la media velocità, se a questa si facesse eguale successivamente M (§. XCIII.), allora l' equazione

$$M = f(sen. \omega, y, x)$$

servirebbe a mostrarci in quelle diverse circostanze la relazione tra la velocità superficiale, l' altezza dell' acqua, e la pendenza dell' alveo. I quali *valori* della velocità superficiale, dell' altezza dell' acqua, e della pendenza dell' alveo esattamente calcolati, dovrebbero ordinatamente sostituirsi alle tre variabili sen. ω, y, x, che compongono la funzione.

Paragonando in seguito tutti gl' indicati risultati, è manifesto, che da tali confronti dovrebbe derivarne l' analogia o legge, che regnar può tra le velocità rappresentate da M, ed i *valori* delle variabili della funzione a quella corrispondenti.

Rinvenuta tal Legge, allora chiaramente

rilevasi, come dal solo confronto della velocità superficiale, dell' altezza dell' acqua, e pendenza dell'alveo (le quali cose posson sempre determinarsi), si perverrebbe a conoscere la media celerità, non solo in qualunque altra sezione del medesimo Fiume, mà ancora in sezioni spettanti a qualsivoglia altro simile, subito che ivi si fossero rintracciati i *valori* delle quantità, di cui quella è funzione.

§. CI.

Non v' ha dubbio che quella ricerca sia della massima importanza, qualora si rifletta, che ogni qual volta si fosse rinvenuta quella legge (la quale par certo che vi debba essere), che regnar può tra là velocità superficiale, l' altezza dell' acqua, e la pendenza dell' alveo, si potrebbero in seguito compor Tavole, le quali, oltre al presentarci l' intensità e situazione della celerità media del Fiume, in cui si facessero gli esperimenti, ci presenterebbero altresì la velocità media di qualunque altro Fiume, e di qualunque sezione di esso, subito che si cambiassero opportunamente i termini nelle proporzioni corrispondenti alle analoghe sezioni dei due Alvei.

In tal circostanza chiunque fosse capace

di osservar lo spazio che un Galleggiante scorresse in un dato tempo, e di scandagliar l' altezza dell' acqua, e la pendenza dell' alveo, sarebbe altresì in circostanze di conoscer l' impeto, e l' impulso delle acque, ed in conseguenza di provvedere alla sicurezza degli Argini, e delle ripe, mediante alcune regole e precetti, che potrebbero unirsi alle Tavole delle quali abbiamo parlato.

§. CII.

Mancandomi i mezzi per progredire con tali vedute come vorrei, vivamente desidero che sieno esaminate dagl' intendenti, e che ne dieno il loro giudizio: e trovandole meritevoli della loro attenzione, s' interessino, acciò, secondo il savio loro discernimento, sieno portate ad effetto.

§. CIII.

Per ora debbo solo contentarmi di esser pervenuto su tal proposito a riscontrare e provare in generale, mediante replicati esperimenti eseguiti con i miei Idrometri (§. LXXI.), che gl' Idraulici Italiani non s' ingannarono, affermando, che le celerità delle acque scor-

renti nei Fiumi crescono dalla superficie al fondo, sin tanto che non servan d' ostacolo le resistenze del fondo medesimo.

APPENDICE

§. CIV.

I varj esperimenti, che ho eseguiti fin ora con i miei due Idrometri, in correnti uniformi, ed in sezioni d' Alvei capaci di presentare alle acque presso a poco gli stessi attriti, mi han dato luogo ad osservare costantemente:

I.° Che le velocità di tali acque crescono dalla superficie sino presso alla metà delle loro altezze.

II.° Che tali aumenti han per tangente una linea retta, la quale prolungata fa angolo acuto col piano dell' acqua veniente.

III.° Che al mezzo dell' altezza vi è circa un piede d'intervallo, o sieno decimetri 3, 249, in cui non si manifestano nè accelerazioni, nè diminuzioni di celerità.

IV.° Che passato tal posto le velocità decrescono continuamente sino al fondo dell' alveo.

V.° Che tali decrementi son prossimamente proporzionali alle differenze delle ordinate di

una Parabola, al cui vertice è tangente il piano o fondo dell'alveo, e il di cui parametro è terzo proporzionale tra la semialtezza dell'acqua diminuita per decimetri 1,624., o sia per mezzo piede, e $\frac{12}{5}$. della differenza che passa fra la velocità superficiale Idrometrica, e la massima velocità pure Idrometrica, che s' incontra presso il mezzo dell' altezza della corrente, in cui si fa l' esperienza.

Sia per maggior chiarezza HM l' altezza dell' acqua eguale a piedi 7., cioè Metri 2,274 (*Fig*. 18.), la velocità superficiale sta alla velocità a uno, a due, a tre piedi di profondità, corrispondenti respettivamente a decimetri 3,274.; 6,598.; 9,847., come le ordinate MN, AB, CD, EF condotte all'asse HM dai termini delle ascisse MA, MC, ME, a cui furono immersi gl'Istrumenti, o sia come i numeri

116., 125., 130., 138.,

con i quali tali ordinate concordano. Da decimetri 9,847. a metri 1,299. corrispondenti alle ordinate EF, e GO, si conserva l' istessa. Da metri 1,299. poi fino al fondo decresce prossimamente come i numeri

260., 248., 215. ec.,

o sia, giacchè torna l' istesso, tali decresci-

menti sono proporzionali al piano OZTSO, che è l' eccesso del rettangolo OLTZ circostritto alla semiparabola TSO sopra l'area parabolica corrispondente OLTSO.

La massima ordinata OL in tal parabola, o sia la di lei semibase, sta ad OP differenza della velocità superficiale espressa da MN = 116., dalla massima celerità corrispondente a decimetri 9,847. di profondità espressa da EF, ovvero GO eguali a 138., come 19. a 5.

Detta *m* questa ordinata OL, *n* la differenza OP tra le due velocità MN e GO, o sia tra i numeri 116., e 138., che è eguale a 21., si avrà

$$m : n :: 19 : 5;$$

e quindi

$$m = \frac{19 \times n}{5} = 79,8.,$$

mettendo in vece di *n* il suo valore = 21. E questa è la lunghezza della semibase della parabola TSO situata parallelamente alla superficie dell' acqua, e corrispondente all' ascissa TL di metri 0,975. Il parametro *p* di tal parabola è proporzionale a 6548, 8615.

§. CV.

Dall' accennato paragone delle velocità Idrometriche rinvenute a varj punti dell' altezza delle acque in cui si sono fatti gli esperimenti, sembra che possiam lusingarci di fare il tentativo, per rinvenire ancora il piano delle velocità delle Acque fluenti per alvei simili, e con altezza maggiore di metri 2,274., senza esser necessitati a ricorrere all' uso di uno dei due Idrometri.

Sia di fatti (*Fig.* 19.) AB = a l' altezza qualunque dell' acqua di un Fiume nella sezione, in cui si vuol rinvenire le variazioni delle velocità dalla superficie al fondo: AC = v la celerità superficiale indicata da un Galleggiante nel tempo dato t. Sia AD eguale a decimetri 3,249., o sia ad un piede; AF = $\frac{1}{2} \cdot a$; FP = FQ eguale a decimetri 1,624., ovvero a mezzo piede: si conducano ad AB le ordinate DE, PR, QS, e si abbassi inoltre dal punto C la perpendicolare CL.

Ciò posto, è noto per l'antecedente paragrafo, che la velocità dell' acqua cresce dall' ordinata AE all' altra PR: che la medesima celerità decresce da QS sino a BH fondo dell' alveo: che LS è la differenza tra la velocità superficiale proporzionale ad AC, e la massima

proporzionale a PR = QS. Si tratta ora di determinare la linea CERSGH, da cui resta finito il piano delle velocità ABCRSH.

A tale effetto I.° Se faremo come 116. a 125., così l'ordinata AC all'ordinata DE, tirata CE e prolungata sino in R, la linea CER sarà quella a cui dovran terminare tutte le ordinate, le quali potrebber condursi tra DE, e PR, affinchè le medesime riescisser proporzionali alle velocità dell'acqua, relative alle situazioni loro corrispondenti.

II.° Tirata RS parallela ad AB, questa pure determinerà gli aumenti delle velocità tra R ed S.

III.° Se come 5. a 19. faremo che stia SL ad SO, e dal punto O abbasseremo la normale OH; SO sarà l'ordinata, ed OH l'asse della parabola SGH, a cui debbon terminare le ordinate esprimenti le velocità decrescenti sino al fondo dell'alveo. Tutto ciò non è che la conseguenza di quanto osservammo nel paragrafo anteriore.

Il parametro Π di tal curva, se supponghiamo $h = OS$, sarà dato dalla seguente equazione.

$$\Pi = \frac{h^2}{\frac{1}{2} \cdot a - 1,624^{\text{Decim.}}}$$

§. CVI.

Determinato in tal modo il piano delle velocità ABHGSREC relativo ad una sezione di un Fiume della natura accennata, è manifesto che la media tra tutte le ordinate componenti il medesimo, servirà ad indicare la media velocità del Fiume in quel sito.

Se supponghiamo la superficie del piano ABHGSREC, la quale può sempre misurarsi, eguale ad M, $\frac{M}{4}$, che esprime la media ordinata di quello, esprimerà in conseguenza la media velocità V che ricercasi (§. L.)

§. CVII.

È inutile l'avvertire come a riguardo della media celerità conosciuta mediante il piano ABHGSREC, non abbia luogo la correzzione, o rettificazzione espressa al §. LXXIV. Il piano attuale non è formato con le velocità Idrometriche, cioè rinvenute col mezzo dei due Idrometri, ma con velocità proporzionali alla velocità superficiale mostrata dal Galleggiante.

Tali celerità, come desunte immediatamente da quella della superficie, nell' istessa for-

ma con cui al §. LXXIV. fu rettificata la media velocità Idrometrica, non pare che tra quelle e le velocità naturali, o assolute delle correnti, relative ai respettivi punti delle altezze delle medesime, possa aver luogo differenza sensibile; mentre non si vede che esistano attriti, o altre cause, dalle quali tal differenza possa esser prodotta.

Perciò sembra manifesto, che tanto la media ordinata del piano ABHGRSEC, quanto quella di qualunque altro a lui simile, debba esser sempre proporzionale alla media velocità assoluta della corrente in quei dati posti dell'alveo, senza bisogno di fare a riguardo di essa ulterior correzzione.

§. CVIII.

Quindi si dedurrebbe, volendo, con somma facilità la portata di un Fiume, ossia la quantità d'acqua, che scaricar dee in un tempo determinato.

È noto, che le quantità d'acqua, che scaricar possono i Fiumi in tempi eguali, sono in ragion composta delle sezioni dei loro Alvei occupate dall'acqua scorrente, e della media velocità della medesima. Se chiamansi Q, e Q' le quantità d'acqua, che scaricano i Fiu-

F, ed F′ in tempi eguali, V la media velocità del Fiume F, V′ la media celerità del Fiume F′; e se inoltre indichiamo per A ed L l'altezza e larghezza di una sezione del primo, come per A′ ed L′ l'altezza e larghezza di una sezione del secondo, l'analogia delle loro portate è data dalla seguente proporzione

$$Q : Q' :: V \times A \times L : V' \times A' \times L'.$$

Se $Q = Q'$, cioè se sono eguali le due quantità d'acqua scaricate dai medesimi, avremo

$$V \times A \times L = V' \times A' \times L';$$

e quindi

$$V : V' :: A' \times L' : A \times L,$$

cioè le medie velocità in ragione inversa delle sezioni dei due alvei.

Se i tempi degli sgorghi non fossero eguali, come gli abbiamo supposti, esprimendo tali tempi T, e T′, si avrebbe allora

$$Q : Q' :: V \times A \times L \times T : V' \times A' \times L' \times T',$$

cioè le quantità d'acqua scaricate in ragione composta dei tempi, delle ampiezze delle sezioni, e delle loro medie velocità.

Ora, siccome nel misurar l'ampiezza delle sezioni degli Alvei, non può incontrarsi difficoltà veruna, e specialmente da quelli, i quali abbiano qualche cognizione geometrica; così noi passeremo ad accennare il modo con

cui rinvenire la media velocità nelle varie sezioni dei Fiumi, poichè in questa sola ricerca consiste la difficoltà di conoscersi con giustezza la loro portata.

Per giungere a tale scopo, convien riflettere, che la media celerità dell' acqua di un Fiume dee necessariamente corrispondere a quel punto di una sezione, in cui il movimento si eseguisca con uniformità in tutti i sensi. Ciò avvertito, è affatto chiaro, che la media velocità di cui si tratta, sarà una media generale tra tutte le medie velocità parziali, le quali, con i metodi di già esposti, siensi rinvenute a piccole distanze dall' una sino all' altra parte dell' Alveo.

Se le rette AA′, BB′, CC′, DD′, EE′, FF′ . . . . OO′ (*Fig.* 9.) tra loro vicinissime, ed ordinate ad AO come asse, rappresentano le medie velocità parziali, unite le loro estremità A′, B′, C′, D′, E′, F′ . . . . O′, è evidente per ciò che abbiam detto, che la media velocità del Fiume in tal sezione, sarà indicata dalla media ordinata del piano A O A′D′O′ in tal guisa formato.

Rappresentando l' area di questo piano per H, e per K la sua larghezza AO, la di lui media ordinata sarà manifestamente proporzio-

nale ad $\frac{H}{K}$.

Sostituendo ora $\frac{H}{K}$ come espressione della velocità media, in luogo di V, l' equazione

$$Q = V \times A \times L \times T$$

si cambierà nella seguente

$$Q = \frac{H \times A \times L \times T}{K} \text{;.}$$

e questa è in generale la formula esprimente la portata di un Fiume qualunque, e comunque scorrente.

§. CIX.

Per far di tal formula l'applicazione ad un esempio, supponghiamo l' altezza dell' acqua $A = 4$. metri, la larghezza della sezione $L = 50$. metri, il tempo $T = 1$. minuto secondo, e la media velocità $V = \frac{H}{K} = 8$ metri per secondo. Ciò posto, se facciansi le opportune operazioni, si troverà facilmente, che la quantità d' acqua, che scaricar potrebbesi da tal Fiume in ogni secondo di tempo, sarà circa 3840. metri cubici.

§. CX.

Il P. *Frisi* ottenne dei risultati molto lontani dal vero, allorchè tentò di conoscere la portata dei Fiumi, secondo le semplici teorìe del *Guglielmini*, e P. *Grandi*. Tra le varie applicazioni che egli fece di quelle teorìe, mi ristringerò soltanto a fare osservar quella riguardante la determinazione dalla portata del Lavinio, e della Somaggia. Ecco l' andamento delle di lui operazioni, unitamente ai risultati delle medesime, i quali provano più che abbastanza l' inammissibilità di un tal metodo.

„ Per calcolare, egli dice (1), le portate intere del recipiente, e degl' Influenti solitarj, premetteremo quanto risulta dalle teorìe geometriche del *Guglielmini*, e del *P. Grandi*. Se col parametro d' once $635 \frac{5}{7}$. del piede di Bologna si descriva una parabola, ciascuna semiordinata esprimerà la velocità, che un corpo acquisterebbe cadendo liberamente dall' altezza di tutta l' ascissa. Il viaggio, che in un minuto secondo fa un galleggiante nella superficie di un Fiume, diviso per il parametro, darà l' altezza, che cor-

(1) Lib. III. Cap. III. pag. 151.

risponde alla velocità superficiale, e che aggiunta all' altezza del Fiume, misura tutta l' altezza, che chiamasi equivalente. La radice del prodotto dell' altezza equivalente nel parametro esprimerà la velocità del fondo della sezione. Due terzi del prodotto della velocità del fondo in tutta l' altezza equivalente, meno due terzi del prodotto della velocità superficiale nell' altezza aggiunta all' altezza vera, divisi per la stessa altezza vera, daranno la velocità media. Il prodotto della velocità media nella larghezza, e altezza vera, darà la quantità d' acqua, che passa per la sezione in un secondo. Con queste regole, prendendo le larghezze ragguagliate, e le altezze massime delle piene nelle due sezioni del Lavinio solitario, che negli ultimi profili sono segnate colle lettere Q (1), e P (2), e supponendo che la velocità su-

---

(1) Q = (Piedi 44.) X (Piedi 7., e Once 8.) = (Once 528.) X (Once 92.).

(2) P = (Piedi 44.). X (Piedi 9., e 10. Once) = Once 528.) X (Once 118.).

Le quantità di cui è accennata la moltiplicazione rappresentano respettivamente la larghezza ragguagliata delle sezioni, e l' altezza delle massime piene.

perficiale sia, e nell'una, e nell'altra di 3. miglia, o sia d'once 180000. l'ora; saranno le quantità d'acqua, che passano per la prima sezione in un minuto secondo di 8219112. once cube, e di 11844043. quelle, che passano in ugual tempo per la seconda sezione. Così pure prendendo i dati delle sezioni O (1) ed N (2) della Somaggia solitaria, supponendo la stessa velocità superficiale di 3. miglia l'ora; sarà la portata della prima sezione 21085741, e della seconda 38012504. „ Cioè le quantità d'acqua, che in conformità di tali teorie passar dovrebbero, in tempi eguali, per le diverse sezioni degli stessi Alvei, sarebbero estremamente diseguali; lo che si oppone all'ordine della natura,

I risultati che si ottengono col metodo da me indicato, non implicano certamente contradizione alcuna; poichè i medesimi si dedu-

---

(1) O = (Piedi $53\frac{1}{2}$.) X (Piedi $12\frac{2}{3}$.) = Once 642.) X (Once 152.).

(2) N = (Piedi 58.) X (Piedi 18.) = (Once 596.) X (Once 216.).

Ancora in questo caso le quantità da moltiplicarsi indicano ordinatamente la larghezza ragguagliata delle sezioni, e l'altezza delle maggiori torbide.

cono direttamente dalla media velocità attuale, che hanno le acque per le varie sezioni degli alvei, per le quali non posson trapassare se non che in volumi reciprocamente proporzionali alla media velocità predetta, e la quale può sempre conoscersi mediante l' aiuto de' miei Idrometri, conforme a quanto altrove è stato minutamente avvertito.

§. CXI.

Il metodo esposto al §. CV. per compor generalmente il piano delle velocità nei Fiumi di lieve ed uniforme pendenza, e di corso regolare, col mezzo soltanto dell' altezza dell' acqua, e della di lei velocità superficiale, ci conduce a dei risultati, i quali sono affatto concordi con quelle esperienze, con le quali ho potuto farne il confronto.

È vero per altro che tali esperienze, come circoscritte tra i limiti di metri, 1,299., e metri 2,274. di profondità, o sia di altezza dell' acqua scorrente, potrebbero dar luogo a sospettare dell' uniformità in generale del suddetto metodo, con i risultati, i quali otterrebbonsi esperimentando con gl' Idrometri in altezza d' acqua maggiore di metri 2,274. Ma se riflettiamo, che la velocità su-

perficiale, a circostanze eguali, si accomoda alle variazioni delle altezze, cui va soggetto il pelo della corrente (1), si vedrà facilmente, che i piani delle velocità Idrometriche, non potranno aberrare da quelli, i quali posson comporsi in conformità dell'esposto al predetto §. CV.

§. CXII.

Sarebbe sommamente desiderabile, che una egual facilità potesse trovarsi per formare i piani delle velocità delle acque scorrenti per alvei di varia pendenza, ed ancora irregolari e ghiaiosi.

Ma siccome relativamente a questi non potrebber proporsi con le cognizioni attuali, se non dei metodi non troppo sicuri, i quali ancorchè si potesser correggere mediante le osservazioni della Memoria mentionata nel passato paragrafo, non cesserebber ciò non ostante di far sospettare della loro precisione; così ho stimato bene di non entrare per ora in simil ricerca, e di aspettare il momento di aver por-

---

(1) Vedasi il §. XXXIII. della Memoria indicata di sopra al §. XCVIII.

tata ad effetto quella serie di esperimenti, la quale accennai al §. C.

Eseguiti tali esperimenti, e conosciuto in conseguenza l' ordine, che per le varie sezioni degli Alvei osservano le velocità delle acque scorrenti sotto diversa altezza, vedesi chiaramente quanto allora potrebbe restar facile il determinare i piani delle velocità ancor per questo genere di Fiumi, senza esser necessitati a rintracciargli sempre col mezzo dei due Idrometri, l' uso de' quali, per quanto semplice, non lascia peraltro di essere incomodo, ed ancor dispendioso, ogni qual volta si tratti di esperimentare durante le grandi escrescenze delle acque.

Frattanto però rendesi indispensabilmente necessario l' uso dei detti Istrumenti, per acquistare adequata notizia del movimento, con cui le acque scorrono per alvei irregolari, e ghiaiosi, in correspettività de' varj casi, i quali per ora possono occorrere in atto pratico.

PARTE TERZA.

TENTATIVO PER RISTRINGERE ED INCASSARE I FIUMI ED I TORRENTI IN ALVEI DETERMINATI PER OPERA PRINCIPALMENTE DELLE ACQUE DEI MEDESIMI.

CAPITOLO I.

Inconvenienze dei Lavori, ó siano Ripari che si praticano generalmente in quei Fiumi, il corso de' quali non è regolare.

§. CXIII.

La pratica generalmente usitata per riparare ai guasti, che cagionano le Acque dei Fiumi, i quali scorrono irregolarmente per alvei sassosi e ghiaiosi, nelle due opposte ripe, è certamente dannosa.

Questa consiste nell' opporre a fronte delle ripe corrose, Pignoni, Dentelli, o Pennelli murati con gravissima spesa, oppur costrutti con legname di varie specie.

§. CXIV.

I lavori di legname, i quali si costruiscono più comunemente in Toscana (1), hanno diversi nomi secondo la diversità della loro forma. Chiamano Gabbionate i ripari composti di Semicilindri (come AB *Fig.* 10.), ripieni di pietre e ghiaie, lunghi 18., 20., e 24. piedi, equivalenti respettivamente a metri 5,847; 6,487.; e 7,796., e di un diametro di piedi 4, o 5., o sia di metri 1,299., oppure 1,624. Chiamano Cassonate altri ripari composti di più recipienti quadrilunghi, come è indicato da DE (*Fig.* 11.), e che riempiono pure di pietre e ghiaie, per assicurargli dall' urto della corrente: la loro lunghezza è presso a poco come quella dei Gabbioni, e la larghezza ed altezza, che sono per lo più eguali, non oltrepassano ordinariamente gli 8. piedi, cioè

(1) Prendo singolarmente a parlar di questo Paese, perchè è la Patria mia, e perchè presenta a tal riguardo un prospetto di miserie assai doloroso, per i danni dei Fiumi e Torrenti che lo devastano: se le benefiche cure del Governo non si rivolgono prontamente a soccorrerlo, dall' esser l' Etruria il giardino dell' Italia, va a gran passi a divenire il luogo più infelice, e più miserabile della medesima.

metri 2,598. Alcune volte poi formano i Pennelli con semplici pali intralciati con legname sottile e cedente, come frasche ec., che si dicono Palizzate, o Fittonate, o Palafitte. L'uso più comune di queste è di porle di fronte alle corrosioni, affine di arrestarne i progressi.

§. CXV.

Siffatti ripari sogliono per l'ordinario coprirsi, per maggiormente assicurargli dall'impeto delle acque, con alcuni Coni vuoti, che si dicono presso di noi comunemente Botti GF, MO (*Fig.* 12.), formati con pertiche o lunghi pali, e con frasche sufficientemente pieghevoli, o sieno grossi e lunghi vinchi, con i quali sono intrecciati, o intessuti.

Tali Botti dopo di essere state collocate con la base W in alto, ed appoggiate di fronte alle Gabbionate, e Palafitte, si riempiono con pietre e ghiaie, acciò si rendano sufficientemente pesanti, per impedire alle acque di scomporle, e trasportarle con facilità. Il loro volume suole aver sempre una certa proporzione con la loro situazione. Nei luoghi più bassi, o sia dove l'acqua si precipita con maggior impeto, essendovi bisogno di

maggior resistenza, ivi son collocate quelle che hanno maggior capacità, e che in conseguenza posson ritenere maggior copia di pietre e ghiaie.

§. CXVI.

Con questi ripari si obbligano le acque non solo a scostarsi da una sponda, o ripa del Fiume, ma si forzano altresì a dirigere il loro corso contro la ripa opposta, e così alternativamente.

Questo è il metodo che si pratica generalmente in Toscana; ed a questo può riferirsi una delle principali cause dell'irregolarità del corso dei Fiumi, del riempimento degli alvei, del traboccamento delle acque, e delle gravi corrosioni, che con tanta fierezza affliggono spaziosi ed ubertosi terreni.

§. CXVII.

Che la maggior parte dei danni cagionati dai Fiumi e Torrenti in Toscana debbasi riferire a questa tanto improvida, e non conveniente maniera di riparare, è pur troppo certo (1).

(1) Quì si parla in generale; e perciò si debbo-

La destinazione di tal genere di lavori essendo quella d' impedire il progresso delle corrosioni, allorchè sono già molto avanzate, le acque col precipitarsi impetuosamente sopra tali opere, perdono, per causa dell' urto, notabil quantità del loro movimento, e questa è tanto più o meno rilevante, secondo che è più o meno spazioso l' angolo d' incidenza, che fa la direzione della corrente col piano, o linea del riparo.

Così le acque, dopo l' urto, essendo costrette a cambiar direzione, ed a prendere presso a poco quella, per cui ne venga l' angolo di riflessione a riguardo del piano dell' ostacolo quasi eguale all' altro d' incidenza, si dirigono verso la ripa opposta con movimento alquanto alterato, e momentaneamente diminuito.

Pervenuta l' acqua dall' altra parte, ivi trovando altro simil riparo, perde per le stesse cause nuovamente forza, e dirigesi per la ragione accennata verso la sponda, da cui poc' anzi ne venne respinta.

Da queste alternate, ma pur continue per-

---

no intendere eccettuati quei siti, per la conservazione dei quali non possa operarsi diversamente dalla pratica comune.

dite di movimento, ed in conseguenza di velocità, che avvengono di riparo in riparo (ma che per altro riacquista l' acqua per causa del rialzamento di livello, che ha luogo al contatto di tali ostacoli, e per la pendenza dell' alveo, nello scorrere da un ostacolo all' altro), unitamente all' allungamento di corso per la serpeggiante linea, che osserva il filo della corrente, si da luogo al maggiore e più sollecito rialzamento degli alvei, ed alla maggiore e più nociva irregolarità dei medesimi. In tal guisa perciò alimentandosi le cause di far sempre nuove e più grandi spese, si perviene alla misera condizione di comprarsi a caro prezzo quel danno stesso, che con tanti sforzi procurasi d' evitare.

§. CXVIII.

La condizione infelice di quei Paesi, per i quali scorrono i Fiumi riparati con siffatti espedienti, merita certamente, che dal Governo sia presa in special considerazione; onde far fronte alle spesse devastazioni e rovine di tante e sì belle Provincie, che ne sono danneggiate.

CAPITOLO II.

Esposizione dei lavori da farsi per ovviare agl' inconvenienti accennati.

§. CXIX.

Ho spesso indagato col mio pensiero qual sia il modo più conveniente per ovviare a siffatti disordini, senza perder di vista il pubblico bene, e l'interesse dei particolari.

Le cause delle corrosioni e rotte dei Fiumi a me pare che si riducano a queste:

I.° Irregolarità del corso dei medesimi.

II.° Mancanza dell' incassatura naturale degli Alvei.

III.° Mancanza delle Banche, o Golene, per le quali vien rimosso il pericolo, che si aprano dalle acque frane, e rose al piede degli argini (1), i quali son destinati a far le veci di sponde in quei Fiumi, o che ne sono del tutto mancanti, oppur che non ne hanno a sufficienza.

L'oggetto de' miei tentativi è unicamente diretto a togliere siffatte cause, osservando

(1) Da alcuni Scrittori dell'arte tali corrosioni si distinguono col nome di *Froldi*.

che con l'indicato modo di apprestar rimedio ai danni, altro ordinariamente non si fa, se non che ingrandirgli, e rendergli sempre più gravi, e rovinosi.

§. CXX.

Per diminuire, ed ancor tentare di rimuovere affatto tanti mali, è necessario prima di tutto il determinare la linea più breve e più comoda per l'andamento delle acque. Tale abbreviamento di corso dee però sempre, e in ogni modo possibile combinarsi con il comune interesse dei Possessori confinanti.

§. CXXI.

Fissata la linea del cammino, unitamente alla larghezza dell'alveo necessaria a contenere le acque sotto il livello, che comportano la natura del Fiume medesimo, e le situazioni locali (1), si dovrebbe in seguito dalle

(1) Niente di preciso può dirsi sul proposito di stabilire tal larghezza. Le sole cognizioni della porrata, del Fiume, e della natura del medesimo possono servirci di guida in tal proposito, conforme, oltre tanti altri, avverte ancora il *Guglielmini*: bi-

linee con le quali vien determinato e diretto il nuovo corso per le acque, formar gli argini, i quali attestati ed uniti alle respettive ripe, impedissero alle acque di fluire al di fuori del letto loro preparato.

§. CXXII.

Siano AEC . . . ., BDF . . . (*Fig.* 13.).

---

sogna cioè regolarla in correspettività dell' altezza che possono prendere le Acque del Fiume in tempo delle maggiori torbide, all' oggetto di non esporre a maggiori pericoli le Campagne adiacenti. La regola migliore però, perchè più sicura, si è quella di misurare la larghezza che ha il Fiume in qualche sezione del suo corso, in cui le Acque decorrano senza scomporre il proprio letto.

Questo riflesso risvegliando l' idea del corso regolare del Fiume, pare che poco possa convenire a quelli, che non l'hanno tale, e dei quali principalmente parliamo. Ma pure ho veduto esser frequentissimo il caso ancora nei Fiumi di corso irregolare, ne' quali succede, che varj tronchi de' loro Alvei sieno lasciati illesi da più piene, e che si sieno mantenuti tali ancora per qualche anno.

Questo è ciò che potrebbe servirci di regola per fissare la larghezza del nuovo corso, poichè è manifesto, che ivi il Fiume ha senza dubbio le dimensioni, che convengono, tanto alla di lui natura, che alla quantità delle Acque, che per esso decorrono.

le ripe corrose, che circoscrivono l' alveo di un Fiume, per qualunque causa reso irregolare. Si fissino in quello, con le avvertenze dell' antecedente paragrafo, le due linee PQR ...., STU .... circoscriventi il nuovo letto, in cui vorrebbonsi ristringere le acque del medesimo.

Ciò posto, è manifesto che quello non può ottenersi,

I.° O senza rialzare e colmare il terreno tra le linee indicanti il nuovo cammino, e le ripe corrose AEC ...., BDF ....

II.° O senza arginare lungo le linee PQR ...., STU .... determinanti l' andamento predetto.

Ora, siccome non vi è Fiume, generalmente parlando, che permetta la seconda di tali operazioni; così è necessario aver ricorso alla prima, o sia al rialzamento del suolo tra le vecchie, e le nuove ripe.

§. CXXIII.

A tal effetto sono destinati i miei Argini Curvi ΓΓ', ΔΔ', ΘΘ', ΛΛ', ..., ΠΠ', ΣΣ', ΦΦ', ΩΩ' .... ec. i quali presentando le loro concavità, o seni all' acqua veniente da M verso N, può questa introdursi e dila-

tarsi per le intiere estensioni, che chiamerò cumulatamente Seni e Golene $\Gamma\Delta\Gamma'\Delta'$, $\Delta\Theta\Delta'\Theta'$, ... , $\Pi\Sigma\Pi'\Sigma'$, $\Sigma\Phi\Sigma'\Phi'$ . . . ec. le quali sono circoscritte dagli Argini Curvi, e dalle vecchie e nuove ripe da stabilirsi. (1)

§. CXIV.

Varie sono le diligenze e precauzioni da praticarsi, non solo a riguardo della distribuzione e costruzione di tali Argini, quanto ancora della forma, o sia curvatura dei medesimi, acciò sodisfacciano all'oggetto della loro destinazione.

§. CXXV.

Conviene primieramente osservare, che il filo della corrente nell' introdursi nei Seni, e Golene, non investa o percuota le loro concave superficie; onde non abbia luogo di danneggiarle, aprendovi frane e corrosioni.

A quest' oggetto conviene, che la loro cur-

(1) *Seni* chiamo le parti di tali estensioni situate al disotto delle direzioni delle testate degli Argini Curvi, dalle quali vien determinato il nuovo corso per le Acque. *Golene*, ciò che resta al di sopra delle direzioni accennate.

vatura venga regolata in modo che l' obliquità della linea della corrente sopra tutta, o parte della medesima, riesca reciproca all' impulsione o urto normale, a cui la superficie può essere esposta. In tal caso è chiaro, che riuscendo maggiore la curvità ove maggiore è la forza dell' acqua, e minore ove questa è minore, non potrà la superficie dell' Argine essere in conto alcuno danneggiata, per l' istessa ragione, per cui non sono più danneggiate le corrosioni, o lunate, pervenute che sieno a tal grado di curvatura, conforme hanno mostrato *Guglielmini* (1), *Zendrini* (2), *Bernoulli* (3), e conforme vedesi comprovato dall' esperienza. Il raggio osculatore di questa curva manifestamente rilevasi dover esser reciproco alla forza della corrente.

Quindi ne deriva, che chiamando Ψ la forza della corrente da cui l' argine può esser percosso (la quale può conoscersi per ciò che è stato detto ai §§. LXIII., LXIV., LXV. ec.), e γ il raggio osculatore, sarà

$$\gamma = \frac{1}{\Psi}.$$

(1) Cap. VI. Coroll. 1. della Prop. 8.
(2) Cap. XI. §. 43.
(3) Manoeuvre des Vaisseaux. Num. IV. p. 137.

§. CXXVI.

Ma per descriver praticamente tal curvatura, riescirà più facile il desumerne la forma da quelle corrosioni o lunate contigue a quei siti, nei quali debbono costruirsi gli Argini Curvi. Tali corrosioni non soglion mancar mai, specialmente ne' Fiumi di corso irregolare, che sono lo scopo principale delle nostre ricerche, sia nelle materie di cui gli alvei son pieni, o sia nelle alluvioni o ripe dei medesimi. Nel dedursi la curvatura degli Argini da questa osservazione, convien principalmente avvertire, che le cavità delle corrosioni, che restano da una parte del Fiume, riescano parallele alle convessità degli Argini costrutti nella parte opposta, e viceversa.

§. CXXVII.

È necessario secondariamente procurare di elevare tali Argini in modo, che le Acque non giungano a sormontargli per qualunque avvenimento, onde non restino ancor per tal cagione franati, e troncati.

Conviene però livellare il fondo o letto del Fiume dalle testate degli Argini Γ, Δ, Θ, Λ . . . ., Π, Σ, Φ, Ω . . . . ec., da cui debbon

sortire le acque introdotte nei Seni e Golene, con le parti più lontane degli Argini medesimi. Notate queste orizzontali, deesi dare agli Argini tanta elevatezza al di sopra di esse, quanto le acque possono alzarsi in tempo delle maggiori escrescenze presso le predette testate Γ, Δ, Θ, Λ, ... Π, Σ, Φ, Ω ..... ec., da cui ebbe principio la livellazione, con più quel che può importare l' ondeggiamento, e il ringorgo delle acque ivi adunate e raccolte.

Di quì si vede, quanto sia necessario l' essere bene informati dell' altezza delle maggiori torbide, mentre da tal notizia può dipendere, sotto il presente riflesso, la sicurezza de' nostri Argini.

§. CXXVIII.

Bisogna in terzo luogo dare a quelli la grossezza sufficiente per resistere alla pressione dell' acqua, la quale si accumula nei seni, ad oggetto che gli Argini non restino dalla medesima troncati e rovesciati; giacchè non vi ha luogo considerazione alcuna in riguardo dell' urto, poichè il medesimo è insensibile, o sia nullo (§. CXXV.)

L' equilibrio tra la pressione dell' acqua e

la resistenza dell' argine dipende dalla verificazione della seguente equazione

$$\frac{1}{6} \cdot G \cdot l\, h^3 = \frac{1}{2}\, l\, p \cdot \times [\lambda \times K + \Theta]$$

conforme deducesi da quanto fu detto ai §§. XLIV., e LXXXI.

Verificatasi tale equazione, potremmo allora coerentemente a quanto avvertimmo al §. XCIV., aumentare a dovere la stabilità degli Argini Curvi, riferendo a riguardo di questi alcuna delle considerazioni ivi accennate.

§. CXXIX.

Convien finalmente fortificare con ogni sicurezza le testate loro Γ, Δ, Θ, Λ, ... Π, Σ, Φ, Ω . . . . ec. lungo le quali deono fluire le acque, sia nell' entrare sul principiare delle escrescenze, che nel sortire dall' interno dei Seni, e Golene, allorchè ne abbian ripiene le loro estensioni.

Tali fortificazioni potrebbero costruirsi con legname, oppure con pietre.

Si fortificherebbero le medesime testate opportunamente con legname, se oltre al rivestir quelle di Palafitte, Cassoni, e Botti (§.CIV.) si conformassero e riducessero a guisa di piramidi triangolari (i di cui assi riescissero pa-

ralleli alle linee determinanti il nuovo andamento delle acque, conforme vedesi accennato nella Tavola II^a. *Fig.* 12. ove sono disegnate) più o meno acuminate, secondo che il Fiume fosse più o meno precipitoso.

§. CXXX.

La forma però delle Botti e Cassoni, con cui dovrebbonsi rifasciare le indicate estremità degli Argini Curvi, sarebbe utilissimo il cambiarla, affine di rendere tanto le une che gli altri più resistenti all'impeto della corrente, ed affinchè l'effetto loro riescisse più certo, e più sicuro.

Questo cambiamento per i Cassoni, i quali abbiamo osservato essere di figura parallelepipeda o quadrilunga (§.CXIV.) consisterebbe nel dar loro quella di prisma triangolare OCBA (*Fig.* 14.), la di cui sezione presentasse un triangolo rettangolo ABC: e per riguardo alle Botti, o sieno Coni, converrebbe adattar loro quella di piramide a base triangolare DEFG (*Fig.* 15.)

§. CXXXI.

Questi Cassoni di nuova configurazione do-

vrebbero collocarsi in modo alle testate degli Argini, che presentassero all' acqua veniente da S verso P (*Fig.* 14.) la maggior faccia CO, o sia quella corrispondente al maggior lato AC della di lui sezione triangolare ABC, come vedesi accennato dalla *Fig.* 14..

In tal guisa la faccia OC esposta all' aziozione dell' acqua, riescendo inclinata all' orizzonte, l' urto normale a riguardo di questa riescirà tanto più piccolo di quello che risentirebbe, qualora fosse collocata verticalmente, quanto il quadrato del seno dell' angolo di tale obliquità, riescirà minore dell' unità (§. LI.). Così l' acqua avendo minore azione sopra i Cassoni della nuova forma, che sopra quelli di figura quadrilunga, o sia comune ed usuale, è manifesto come i prismatici debbano essere più adattati a resistere all' impeto della corrente, ed a farla deviare a dovere.

§. CXXXII.

Le Botti inoltre ridotte a forma di piramidi, potendole adattare con una faccia, o sia piano, sopra le cassonate, gabbionate ec. si avrebbe maggior luogo di spianarle, assodarle, e legarle insieme. In tal guisa le acque

più difficilmente perverrebbero a scomporle, e trasportarle altrove, mentre mancherebbe loro quella forma conoidale, che tanto facilita il movimento di rotolazione, con cui l'acqua incomincia a farle cambiar di sito, sin tanto che non siansi vuotate delle pietre e ghiaie, delle quali son piene.

§. CXXXIII.

Nel guarnire e coprir di tali Botti le testate dei Curvi Argini, sarebbe di non piccolo giovamento il collocar le une oppostamente alle altre, all'effetto che presentassero all'acqua un piano ben serrato ed unito, mediante opportune fermezze e legature, con cui potrebbero concatenarsi. Così verrebbero tolti quei rigurgiti, che han luogo tra i vuoti, o radure che lasciano le loro acuminate estremità, allorchè sono tutte collocate con le loro basi dalla medesima parte, conforme praticasi usualmente. Tali rigurgiti influiscono non poco allo scomponimento delle medesime, ed in conseguenza alla rovina de' ripari con esse formati.

§. CXXXIV.

Le Botti, o sieno Piramidi da collocarsi col largo in basso, cioè oppostamente alla pratica usuale, conviene che abbiano l' apertura o imboccatura chiusa, affinchè non escano le materie con le quali debbono riempirsi.

Non pare che possa far difficoltà il conformar queste Botti a piramide con l' estremità larga chiusa, o sia con forte e stabile fondo, per riempire le loro capacità con pietre e ghiaie nella consueta maniera. Conformandosi quelle di legname verde e cedevole, sarà sempre facile di piegarlo a dovere, affinchè riunendosi venga a chiudersi l' apertura loro con la stabilità necessaria, e ne sia efficacemente impedita la sortita alle materie formanti il ripieno.

§. CXXXV.

Conviene altresì avvertire, di non terminare affatto d' intessere le piramidi, a cui sono unite le basi o fondi, sintanto che non sieno state collocate al posto. Prima di compiere tale intessitura, è necessario avere introdotte e assodate le materie riempienti nel fondo, o parte più larga di esse, per iscansare l' inco-

modo che si avrebbe, nel far passare tanta copia di ghiaie e sassi, per un' apertura troppo piccola ed angústa.

§. CXXXVI.

E' inutile l' avvertire, di quanto interesse mai sempre sarebbe il far uso di simili Cassoni e Botti piramidali, ancora per quei ripari, i quali praticansi usualmente nella maggior parte della Toscana, ed in special modo nell' Aretino, nel Casentino, e nel Mugello.

Le acque urtando con minor impeto sopra i medesimi (§. CXXXI.), ivi non si formerebbero escavazioni e gorghi tanto profondi, per i quali principalmente ha luogo lo scomponimento e deperizione ancora totale di tali Opere: ivi al filo della corrente rimarrebbe maggior forza per voltarsi e dirigersi sull' opposta ripà; ed in tal guisa resterebbe provveduto nel tempo istesso alla maggiore stabilità del lavoro, ed al maggiore e più sicuro effetto del medesimo.

§. CXXXVII.

Egualmente potrebbero fortificarsi le testate degli Argini Curvi Γ, Δ, Θ . . . . . .

Π, Σ, Φ, ... ec. (*Fig.* 13.) con pietre e sassi (§. CXXIX.), qualora dando sempre ai finali degli Argini la solita forma piramidale accennata al medesimo §. CXXIX. , o si coprissero con forti e stabili muri a calcina, oppure con grossi cantoni piramidali . Il *Guglielmini* si servì di questi cantoni con ottimo successo per ristabilire la Fortezza di Palma Nuova dai pericoli di rovina, ai quali restò esposta, per una vasta corrosione, aperta al piede della medesima, dalle acque del Lisonzo, che scorrono presso le sue fondamenta .

§. CXXXVIII.

Ma qualora il fortificar quelle testate con muri e tronchi piramidali, i quali converrebbe formare di smalto, o meglio di grossi macigni, come avverte l' istesso *Guglielmini*, comparisse troppo costoso, potrebbesi ancora ottenere quasichè l' istesso intento in altra maniera più semplice, più facile, e più economica.

Consiste questa nel formare alle dette testate dei proporzionati ammassamenti di pietre mescolate con pruni, oppure con stipa, o con sermenti, vetrici, o altro legname sottile. Tali ammassamenti per altro debbono con-

servar sempre alle estremità de' nuovi Argini la forma piramidale, all'oggetto di minorare per quanto è possibile, l'urto delle Acque, dalle quali possono essere investiti.

§. CXXXIX.

È necessario altresì avvertire, che il peso delle pietre componenti tali ammassamenti non sia minore del peso delle più grosse materie, che il Fiume ivi trasporta, affinchè le acque non abbian luogo di rovinargli e distruggergli.

§. CXL.

Contribuisce grandemente alla sicurezza di queste difese la forma più o meno irregolare delle pietre di cui sono composte. A misura che han queste maggiori scabrosità, e canti più rilevanti, hanno altresì più luogo d'insinuarsi ed addentellarsi fra loro: inoltre il legname minuto, e le piante con cui sono mescolate ne riempion meglio gli spazj, e le avviluppano insieme: così aumentandone la lor connessione, l'acqua più difficilmente può giungere a scomporle, e rimuoverle dai loro siti.

Serve tal riflesso ad assicurarci quanto le

pietre di cava, e specialmente quelle distaccate per mezzo di mine sieno preferibili non solo a quelle, che ancor di maggior mole avesser rotolato per l' Alveo, ma per fino ai cantoni, che si possono formare artificiosamente con smalto.

§. CXLI.

Basta ad assicurarci del buono effetto delle sopra descritte fortificazioni, quanto dice in proposito di tali Ripari il celebre nostro *Viviani* (1) con le seguenti parole. „ Affermo bensì, che per i fini già certi di voltar correnti, salvar ripe, ricuperar terreni, difender anche campagne da trabocchi, e per altre simili operazioni, (*i detti ripari*) sono i più sbrigativi, i più durabili, i meno dispendiosi, ed i meno soggetti ai danni ed a fraudi, a segno che (tolta la necessità che sovente suol nascere e nasce, di dover far muri a calcina su' i pali, o senza, o di far Palafitte reali) data la parità, per dubbio di avere

(1) Ved. Discorso al Serenissimo Cosimo III. Granduca di Toscana, intorno al difendersi dai Riempimenti e dalle Corrosioni de' Fiumi ec. inser. nella Racc. degli Aut. del moto delle Acque tom. I. pag. 370. Firenze 1773.

il mio conto nelle calcine, ed anche per meno spesa, fra gli altri modi, eleggerei piuttosto i grossi cantoni naturali, che quei di smalto, e piuttosto questi che i sassi di cava, e piuttosto i sassi di cava, che le palate, e queste piuttosto di quercia, o di castagno, che d'albero.

§. CXLII.

Le tante e replicate osservazioni che ebbe luogo di fare il *Viviani* sopra somiglianti lavori composti di sassi sciolti, e cantoni di smalto mescolati con pruni, stipe, e altro legname cedevole, proposti e fatti eseguire da lui stesso presso la Città di Firenze negli anni 1675., e 1676. ec., per rimuovere le tante e grandiose corrosioni ivi accadute, non permettono che sia fatta restrizione alcuna non solo alla generalità degli usi, quanto alla moltiplicità dei vantaggi, i quali, secondo il di lui sentimento, possono sperarsi da quelli. Per acquistar di loro giusta cognizione, basta leggere la descrizione che esso ne fa, e la quale trascrivo.

„ Volendo, dice egli (1), fermar la corro-

(1) Pag. 369.

sione, che fa il corso dell' Acqua ad una ripa, basta, anche dove ella faccia maggiori sdruci, il formarvi un getto di questi sassi di cava, o di questi cantoni naturali, o di smalto, accompagnati o nò con fascine, o con scope, o con pruni, o con altro simil legname sottile e cedente, e quanto sia confuso, e disordinato, che subito vi si vede mortificato l' impeto della corrente, in breve tempo allontanato il fondo, e cessata in tutto la rosa. Questi effetti seguono, perchè quel sasso, o quel cantone, col suo peso proprio, resiste quivi, e supera d' assai la forza della velocità, e del peso dell' acqua; onde con quell' eccesso discende, ed arriva al fondo; e di mano in mano, che l' energìa dell' acqua premente e corrente gli va cavando sotto il terreno, o la ghiaia, seguita quello a profondarsi, sinchè arriva al sodo, ovvero fintantochè la detta energìa supera la resistenza, essendo che l' effetto di tal vigore si vada diminuendo di mano in mano sempre più, perchè e' non si esercita, come prima, sopra il tenero ed amovibile del fondo, ma sopra il duro del sasso stesso resosi immutabile, e sopra il cedente della stipa, che gli toglie la forza; onde cessato il più discendere di quei primi suoli di sasso e stipa, altri che vi si aggiungono, vi

si fermano sopra, e di lor natura si accomodano nell' esterno con quella pendenza o scarpa, che si vede prendere da qualunque ammassamento di corpi: la quale scarpa data ai corpi molto più gravi di quelli, che il Fiume stesso vi porta, quanto maggiore si è, tanto più combatte, resiste, e spinge contro l' ostacolo della scarpa del greto opposto, la quale per trovarsi applicata ad un altro ammasso di corpi componenti esso greto, tanto meno gravi dei componenti il riparo, si altera e si scompone; e per tal guisa il medesimo greto va corrodendosi nell' acquistar quel piombo, che per opera di tal sassaia ha già perduto la ripa. „

§. CXLIII.

Assicurati gli Argini Curvi, con le avvertenze fin ora esposte, dalle corrosioni delle loro estremità, da cui vengono stabilite le linee del nuovo cammino, e dall' urto della corrente, che può investirne le concave superficie in tempo di grandi torbide, altra circostanza assai rilevante concorre ad accrescerne la stabilità, e la sicurezza.

Questa maggior sicurezza è loro originata dalla copia e massa delle acque, che si esten-

de per i seni, e golene, e che ne riempie le loro capacità (1).

Dirigendosi la corrente nei seni, che gli Argini a quella presentano, proporzionali all' impeto, con cui vi s' introduce (§. CXXV.), appena comincia a spandersi e dilatarsi per essi, e per le golene (giacchè non gli è permesso di uscire, se non dirigendo il corso oppostamente), trova gradatamente maggior difficoltà ad appressarsi alle superficie concacave degli argini, per causa dell' opposizione e resistenza che incontra nell' acqua, che

(1) Il *Michelini* (Trattato della Direzione dei Fiumi), ed in seguito *Belidor*, ed altri sono di sentimento, che tra i Pignoni da costruirsi lungo le sponde dei Fiumi per rimuovere le Frane, e Corrosioni accadute nelle Ripe, o Argini dei medesimi, sieno più utili, e più stabili quelli, i quali fanno un angolo acuto con la linea della sponda dalla parte dell' Acqua veniente, di quelli, i quali facciano con le medesime sponde angolo ottuso. Tal vantaggio è da essi ripetuto da quel prisma aqueo, che riempir dee le spaziosità degli angoli indicati; per cui la corrente, essendo forzata a cambiar direzione senza strisciare le superficie di tali Pignoni, non solo non ha luogo di scavarne le basi, ma anzi ne assicura la stabilità, col formarvi contiguamente dei depositi di quelle materie, di cui le torbe van cariche.

si accumula e mortifica nei seni medesimi.

Pervenuta poi che sia la piena al suo colmo, allora, com'è manifesto, l'acqua veniente non potrà ulteriormente pervenire col suo movimento a percuotere la superficie o piano degli Argini, sì per causa dell'opposizione che incontra nei volumi aquei, che ne riempono le spaziose capacità da essi formate, sì perchè le acque ivi accumulate formano un piano alquanto superiore a quello, che segnano le altre, che dalle testate degli argini dirigono il corso per il letto loro assegnato, sì perchè la superficie di tal piano è ancora oppostamente inclinata a quella dell'acqua a tal punto diretta; e finalmente, perchè le acque, che già fluiscono pel nuovo cammino, tirano, per così dire, seco loro, a motivo dell'affinità, le altre che ne sono al contatto.

Così può dirsi, che l'acqua combatterà contro l'acqua, e quella che è ferma farà argine all'altra veniente, e la respingerà in senso opposto.

§. CXLIV.

Di quì è agevole il rilevare, come in tal modo rompendosi l'impetuosità del momento delle acque del Fiume, per causa della co-

devolezza dell' ostacolo, che incontra nelle altre mortificate,

I.° Sarà affatto rimossa la causa, per cui il filo, o linea del Fiume danneggia le opposte ripe, scagliandosi alternativamente sopra le medesime;

II.° L' acqua scorrente nel Fiume sarà forzata a stabilire il corso lungo le testate degli Argini Curvi Γ, Δ, Θ, Λ, . . . Π, Σ, Φ, Ω . . . . . ec., o sia dentro l' andamento PQR . . . ., STU . . ., ec. per tal uso assegnato.

§. CXLV.

La cedevolezza o flessibilità dell' ostacolo, per cui l' andamento della corrente vien costretto a rifrangersi sulle imboccature dei seni, e con movimento alquanto diminuito, mostra patentemente come ivi debba aver luogo una deposizione, o scarica considerabile di quelle materie, che il Fiume trasporta.

Così il deposito, che produrranno le torbide grandi e piccole, sarà rilevante, tanto nelle imboccature e principio, che nell' ampiezza dei seni e golene. Mancando alle acque la velocità sufficiente (§. CXLIII., e CXLIV.) per introdurre nel loro interno materie grosse e pesanti, vi porteranno soltanto le sab-

bie, ed altre materie sottili, delle quali scorrono saturate e ripiene.

Quindi è, che a misura che si succederanno le torbide, si aumenteranno i rinterramenti dei seni: e mentre si provvederà al corso regolare del Fiume, potrà fondatamente sperarsi,

I.° Di formar colmate assai utili;

II.° Di assicurare le campagne contigue e adiacenti da nuove corrosioni e inondazioni;

III.° Di riacquistare ancora i terreni coperti dalle ghiaie, e perduti;

IV.° Di render fruttifere quelle porzioni di greto, che sopravanzano all'ampiezza del nuovo alveo;

V.° E potremmo lusingarci di aumentare il valore dei fondi contigui, perchè esposti a minori pericoli.

§. CXLVI.

Cospira a render più celere e più uniforme l'indicata interessantissima operazione delle acque, che si spandono nei seni e golene, tutto quello che è capace di favorire lo spoglio, o separazione delle parti eterogenee, di cui le torbe van cariche.

Perciò sarebbe utilissimo il piantare del legname presso le imboccature dei seni, o contemporaneamente alla costruzione degli Ar-

gini incurvati, o ancor meglio dopo che qualche piena vi avesse formato un sufficiente deposito.

Così sarebbe opportuna la Vetrice propriamente detta (*Salix Viminalis*), e tutte le altre consimili, e segnatamente quelle, che comprendonsi sotto la denominazione di Salci (come *Salix triandra*, o salcio triandro; *Salix alba*, o Salcio bianco; *Salix purpurea*, o Salcio rosso; *Salix caprea*, o Salcio salica). Di eguale utilità sarebbe ancora la piantazione degli Ontani, (*Alnus glutinosa*), e degli Alberi (*Populus nigra*, *Populus alba*), non meno che degli Olmi, delle Acacie ec. (*Ulmus campestris*, *Robinia Pseudoacacia*), qualora si procurasse che formassero al loro piede vasta ceppaia, da cui ne potessero pullulare e sorgere frutici e virgulti, e cominciare a formarsi ampia e folta macchia.

Allora le acque essendo costrette a dibattersi fra tali piante, avrebber luogo di deporre ivi le ghiaie e sabbie più grosse, e s' introdurrebbero così nei seni e golene più quiete, e cariche solo di belletta, ed altri sedimenti terrosi.

§. CXLVII.

Nè al solo rialzamento delle golene si ristringerebbe il benefizio risultante da quelle piante: queste contribuirebbero ancora alla regolarità dei depositi, che in quelle debbono formarsi.

Le acque nel traversar tali piante, restando in parte spogliate, per ragione degl' intoppi ed attriti, del natural movimento, ed avendo minor attitudine ad introdursi, scorrere, e spaziare per le concavità del luogo, avrebbero altresì maggior comodo di spogliarsi delle materie loro unite. In tal guisa le torbe potrebbero riempire e colmare con maggiore uniformità l' estensione, per cui le medesime si diffondessero.

§. CXLVIII.

Ma qualora la posizione di qualche seno fosse tale, che le sole piante poste all' imboccatura non servissero ad impedire totalmente qualunque piccolissimo movimento circolare o vorticoso, che le acque prender vi potessero durante l' aumento delle piene, allora converrebbe usare altri compensi per correggerlo, e per rimuoverlo, acciò le col-

mate con uniformità generale si eseguiscano.

Cospira a tal fine tutto ciò che è capace di moltiplicare le resistenze, e gl' intoppi nelle situazioni, che favoriscono tal movimento. Così gli ammassamenti di ghiaie, i Cassoni, i Gabbioni, e le Botti (§. CXIV., e CXV.), convenientemente potranno collocarvisi. Altresì il cuoprire il terreno di varie piante capaci di produrre folta macchia, il seminarvi saggine, granturchi, canneti ec. sarebbero mezzi opportuni, ai quali potrebbe aversi ricorso per impedire un tal moto, e per accelerare il rialzamento del suolo.

§. CXLIX.

Usate tali diligenze, tendenti alla diminuzione della velocità delle acque nell' interno delle golene, se non si otterrà pienamente l' intento di estinguere affatto uelle medesime il predetto movimento circolare delle acque, almeno sarem certi, coll' apposizione di quegli ostacoli, di diminuirlo a segno, da essere affatto certi e sicuri di non risentirne poi alcun benchè piccolo nocumento.

§. CL.

Nel parlare il *Sig. Ferrari* (1) degli effetti dei Vortici, avverte assai giustamente su tal proposito, che la velocità loro non può mai esser maggiore di quella, che ha il Fiume nelle sezioni corrispondenti agli ostacoli, dai quali i Vortici sono promossi. Ecco come si esprime alla pag. 19. „ .... Ma io considero, che in qualsisia Fiume tutto il suo moto, e tutta la sua forza non può procedere da altro che dalla pendenza dell' alveo, e dall' altezza dell' acqua; onde parmi di vedere ancora, che la velocità, e la forza dei Vortici non possa mai esser maggior di quella, che ha il Fiume nel suo corso diretto; anzi piuttosto debba essere qualche cosa minore, non potendosi formare un Vortice senza contrasto, e rifrangimento delle forze generatrici. Il perchè io sarei di parere, che anche abbondevolmente calcolasse la forza di un Vortice colui, che la facesse eguale a quella, che avrebbe il Fiume nel corso regolare in quel medesimo luogo.

---

(1) Trattato sopra le Corrosioni dei Fiumi.

„ Ma potrebbe dire qualcuno, continua egli, come dunque questi Vortici sono si dannosi alli Fiumi anco a molti doppi del corso ordinario? Al quale noi risponderemo, che ciò non viene dall'avere essi maggior forza di quella, che abbia il corso regolare del Fiume, ma piuttosto dalla direzione, che l'acqua acquista nel raggirarsi per li medesimi „ che gli da un'attività contro il fondo, e contro le sponde, maggiore di quella, che possa avere quando corre direttamente. Perciocchè dove corre parallela, o quasi parallela al fondo, ed alle sponde, non li può corrodere fuorichè collo strisciare, e col percuotere ne' risalti, e quasi direi col raschiare; laddove girando per li Vortici viene sempre diretta obliquamente contro le sponde, e contro il fondo; onde opera a scavargli come si adopera uno scalpello, e perciò deve ottenere per necessità un effetto di gran lunga maggiore. Nè l'azione de' Vortici potrà terminare, finchè collo scavamento l'inclinazione del loro corso sarà divenuta tante obliqua alla parte corrosa, che siano equilibrate l'azione, e la resistenza nello stesso modo, che da princiopio abbiamo spiegato seguire nel corso di un Fiume spinto direttamente contro una sponda. „

§. CLI.

In conseguenza di questi riflessi, e dopo tutto quello che nel corso di questo Trattato abbiamo esposto, per conoscere e determinare la forza dell' Acqua corrente contro un ostacolo, pare che a giusta ragione, di qualunque lavoro, esposto all' urto della corrente, sperar possiamo la sicurezza da quelle rovine, che avvengono per causa delle escavazioni, e gorghi formati dalle acque al piede dei medesimi.

Infatti l' escavazione prodotta dai Vortici, è pure l' unica ed immediata conseguenza dell' inclinazione del movimento delle acque a riguardo del fondo e delle ripe: perciò è manifesto, che l' azione di quelli contro le indicate parti, non potrà terminare sin tanto che l' inclinazione del loro corso al piano del fondo, e delle ripe, non sia giunta al segno, che ne risulti equilibrio tra la resistenza del suolo, e la forza della corrente; cesserà l'escavazione del fondo e delle ripe, allorchè la corrosione sarà giunta al segno da stabilire all' acqua quell' andamento, il di cui raggio osculatore sia reciproco alla forza della corrente (§. CXXV.).

§. CLII.

Ora, non essendo i gorghi, formati intorno agli ostacoli percossi dall' acqua, se non l'effetto dei vortici, pare che si potrà sempre determinarne la profondità, poichè potrà conoscersi la resistenza, o sia tenacità del terreno, e la forza diretta della corrente, che gli percuote (§§. LXIII., LXIV., LXV., e LXVI.).

§. CLIII.

Le osservazioni dei gorghi formati dalle acque al contatto dei Muri di rivestimento, Pile di Ponti, Pignoni ec. costrutti negli Alvei dei Fiumi e dei Torrenti, ci assicurano,

I.° Che i medesimi gorghi sieno tanto più profondi, quanto è maggiore, a circostanze eguali, la forza diretta della corrente, e minore la resistenza del fondo degli Alvei:

II.° Che tali escavazioni si arrestano egualmente tanto sulla semplice arena, che nella pura ghiaia, secondo che il letto del Fiume è arenoso o ghiaioso, ogni qual volta le loro profondità siano arrivate al punto, che la resistenza, o inerzia della massa fluida riempiente le medesime, unitamente alla consistenza del fondo, sieno valevoli a raffrena-

re ed estinguere il movimento di quella parte dell' acqua scorrente pel Fiume, che dirigesi a quella volta, o sia d' alto in basso. Il qual movimento, che secondo il *Ferrari* non può esser maggiore del movimento, che ha il Fiume nel suo corso libero, si riscontra di fatti dal di lui effetto, che è di quello alquanto minore.

Varie sarebbero le osservazioni e prove, che addur potrei su tal proposito, e che tralascio per brevità, poichè a me pare, che col finquì esposto, resti bastantemente comprovato tutto quello, che abbiamo accennato sull' effetto dei Vortici.

Quindi non sembra, che possa avverarsi il sentimento di quelli, i quali credono:

I.° Che la forza corrosiva dell'acqua a riguardo del fondo degli Alvei contiguamente agli ostacoli da essa percossi, si accresca tanto più, quanto più si approfondano i gorghi medesimi.

II.° Che simili escavazioni non possan mai arrestarsi, fintantochè non giungano a trovare un sodo, il quale non sia più soggetto ad esser corroso.

Vero è altresì, che la forza escavante dell' acqua cresce ancora in ragione dell' altezza della colonna sovrastante: ma è altresì vero, che a misura che si approfondano le corrosioni,

conforme l'esperienza stessa il dimostra, più si rallenta il movimento vorticoso, che produce l'escavazione, per causa dell'opposizione che gli presentano i volumi delle acque, i quali restano tra il fondo dei gorghi, e le situazioni degli ostacoli producenti il medesimo movimento (1); e più si accresce perciò la difficoltà di corrodere il fondo di tali gorghi, e di rimuover da essi le materie, che ivi restano distaccate, e sommosse.

§. CLIV.

È osservazione affatto costante, che non tutti gl' impedimenti posti nei Fiumi sono atti a generare i vortici: questi hanno origine unicamente da quegli ostacoli, le facce de' quali, o restano a perpendicolo al piano superficiale dell'acqua, oppure che poco dal medesimo perpendicolo si dipartono. Così le palafitte, non conformate a similitudine di un piano inclinato, come avvertono *Montanari* e

(1) Tali situazioni debbono trovarsi necessariamente presso il mezzo dell'altezza viva del Fiume, perchè ivi è la maggior velocità della corrente, conforme rilevasi dall'appendice che segue alla Parte Seconda.

Zendrini, i muri di rivestimento non costruiti con la necessaria pianta e pendenza, gli angoli salienti delle muraglie formati da piani quasi verticali, i pennelli non collocati a dovere, le pile dei ponti non ben conformate nei loro fondamenti, errori di costruzione tutti provenienti da incapacità nelle Persone, che ne hanno diretta l'esecuzione, son cause di vortici rilevantissimi, i quali chiamansi dagl' Idrostatici la peste dei Fiumi, e da' quali restano tali opere moltissimo danneggiate, e non rare volte atterrate e del tutto distrutte.

§. CLV.

Essendo frattanto possibile di conoscere sempre, per ciò che precede, la profondità, a cui ne' varj siti posson giungere i gorghi contiguamente agli ostacoli, allora riescirebbe agevole il consolidargli con maggiore stabilità, sia con l'approfondargli oltre il termine cui posson giungere l'escavazioni del Fiume, o sia col formar loro una pianta o piede, che serva ad arrestare, o almeno a deviare convenientemente la direzione del vortice dalla base, o parte inferiore dell'ostacolo percosso.

È inutile l'avvertire, come tal riflesso possa esser giovevole, o per meglio dire necessa-

rio per quei Soggetti, che si occupano della direzione del corso dei Fiumi, e dell'ordinazione ed esecuzione di Palafitte, Pennelli, Pignoni, Muri di rivestimento, cioè quelli che fanno le veci degli Argini, situati in linea parallela a quella della corrente, Pile di Ponti, Pescaie, ed in generale qualunque altro lavoro da esporsi all'impulso delle acque correnti, onde non resti esposto ai pericoli di distruzione, some lo sono le opere costruite da persone non abili, conforme di sopra avvertimmo.

§. CLVI.

Ma i Vortici che possono aver luogo nell' interno di qualche Golena, non hanno la minima relazione con quelli osservati sin ora. Tali Vortici oltre all' essere come di niuna conseguenza, sono altresì momentanei: questi non cominciano che al principiare dell' escrescenza delle acque, e terminano del tutto subitochè le torbide han finito di rialzarsi.

Ciò si rende manifesto, riflettendo, che l' acqua non può introdursi e scorrere per l'ampiezza dei seni e golene, se non nel caso, in cui il livello dell' interna sia più basso

del pelo della corrente, la quale si presenta alle loro imboccature: il che succede, durante l' elevazione del Fiume.

Ma quando poi l' altezza dell' Acqua interna eguagli e superi l' altezza della veniente (ciò che accade senza dubbio allorquando il Fiume ha cessato di crescere), allora non può ulteriormente passare nei Seni. Essa ne vien respinta mediante il rigurgito, e rifrangimento reciproco, che ha luogo sulle imboccature. Così la massa dell' Acqua raccolta nelle golene, restando quasi priva di moto, si spoglia con maggiore agevolezza delle materie di cui è ripiena; e in tal guisa si formano le deposizioni più generali e copiose.

§. CLVII.

Ogni diligenza nel costruir questi Argini Curvi potrebbe dirsi ben ricompensata, qualora potessero, in tal modo non solo evitarsi i danni provenienti dai Fiumi nella loro distesa, ma quando ancora si potesse apprestar rimedio ai guasti, che cagionano i Torrenti e Fossati, allorchè escono dalla foce di ripide e scoscese Montagne.

CAPITOLO III.

Facilità per costruire gli Argini, di cui abbiamo parlato nel passato Capitolo.

§. CLVIII.

Non dee spaventare la spesa della costruzione de' nuovi Argini. Questi possono costruirsi a varie riprese, ed a comodo dei Possessori: si può costruirne uno, due, e tre per anno. Non è necessario fabbricargli contemporaneamente, nè da ambe le parti del Fiume, nè nel medesimo tempo.

§. CLIX.

Non si prescrive in generale a qual distanza possano collocarsi gli uni dagli altri, giacchè ciò dipende dalla irregolarità dell' Alveo, e dalla maggiore, o minor pendenza del sito.

Qualora si volesse effettuare in una data estensione il pronto riempimento, o sia colmata, allora dovrebbesi regolare la distanza respettiva degli Argini in modo, che il ringorgo prodotto dall'inferiore, giungesse a toccare la base dell' altro collocato al di sopra.

Allora le torbide spandendosi per la totale ampiezza dei Seni, e delle Golene, ivi deporranno le sabbie, e la belletta, e renderanno tanto più presto quell' estensione atta a coltivarsi, quanto più frequenti saranno le piene, dalle quali la medesima sarà inondata, o coperta.

In tal guisa sarebbe sperabile, che quella causa che prima cercavasi di evitare come devastatrice dei possessi, divenisse come coadiuvante alla sicurezza, e fecondità dei medesimi.

§. CLX.

Non è da dirsi quanto agevoli la costruzione di questi Argini il solo riflesso di non essere urtati, e strisciati dalla corrente.

Gli Argini fatti per impedire le inondazioni, o espansioni delle acque, come sono tutte le Opere di tal fatta, e che possono essere investite ed urtate dall' impeto delle medesime, esigono per la loro costruzione molta intelligenza, sia per assegnar loro e grossezza, e forma, e posizione, proporzionate al momento che l' acqua può avere sopra i medesimi (§. LXVII.), sia per la scelta della terra argillosa onde comporli: richiedono altresì non poca spesa per approntare e traspor-

tare la terra predetta, specialmente quando si debba condurla per incomoda distanza.

§. CLXI.

Gli Argini della forma da me progettata, come unicamente destinati a tenere in collo le acque, acciò depositino le materie contenute, non esigono nè tanta perizia in quello che ne dirige la costruzione, nè tanta spesa per l'approntamento della terra argillosa, con cui si debbono comporre.

Posson quelli formarsi di qualsivoglia sorta di terra, ed ancor di semplice ghiaia, subito che s'impedisca alle acque, che posson feltrarsi, e trapelare a traverso i medesimi, di corrodere e rovinare le loro superficie convesse esterne, o sia le opposte a quelle, che restano al contatto dell'acqua.

§. CLXII.

Tale intento potrà sperarsi, o cuoprendo le superficie convesse degli Argini con Pietre situate per coltello, ed in forma di muro, come viene accennato dalle lettere A B C (*Fig.* 16.), oppure con graticciata, o fodera di legnami, e con lavoro simile a quello delle

Botti, e Gabbioni, come CDE (*Fig.* 17.).

Tal coperta potrà fissarsi stabilmente alle superficie degli Argini, mediante alcuni pezzi di legname P, Q, R, S, T, U . . . . ec., che dall'interno degli Argini venendo e sporgendo in fuori, abbracciassero e fasciassero le colonne AB, GH, IL, KM, NO . . . . ec. già fitte nel suolo, nella medesima maniera appunto, che si fasciano i due pezzi componenti le *Catene* per uso delle Fabbriche.

§. CLXIII.

Guerniti gli Argini con le difese accennate, le acque torbide trapelando fra i medesimi, non potran loro cagionare verun nocumento. In breve tempo per tal feltrazione diverranno essi compatti: i pori, i meati, e generalmente tutti gli altri vuoti, resteranno otturati; e così gli Argini formati con ghiaia, potrà con ogni fondamento sperarsi, che per opera delle torbide divengano atti a ritenere con ogni sicurezza le acque, che si accumulano nelle concavità dei Seni da essi formate.

In tal guisa pare, che gli Argini di tal sorte, dopo le prime piene, non avran più bisogno della coperta esterna, per produrre

il medesimo effetto di quelli, i quali son costruiti con i materiali, l' uso dei quali è prescritto dalle teorìe, e dagli esperimenti.

§. CLXIV.

All' oggetto inoltre di provveder maggiormente alla consistenza e stabilità degli Argini fatti con le ghiaie, o con terra non argillosa, e di poca tenacità, si dovrà far loro una coperta di terra sugosa, o come suol dirsi grassa, per poter ricuoprire i medesimi di erbe ed altre piante graminacee.

Si dovrà di più accumulare, per quanto sia possibile, sopra di essi tutti quei Frutici ed Arboscelli, i quali conservandosi verdi ancora nell' Inverno, abbiano le radici forti, abbondanti, e molto estese. Tali radici internandosi nella grossezza degli Argini potrebbero collegarne le parti, ed accrescerne così la solidità, ed in conseguenza la loro sicurezza (1).

---

(1). Tra le molte Piante che potrebbero seminarsi e piantarsi sopra gli Argini Curvi, meritano di esser preferite le seguenti.

ARBOSCELLI DA FAR SIEPE

Sanguine	*Cornus sanguinea.*
Ginestra	*Spartium iunceum,*

§. CLXV.

Sono 6. anni, che un Possesore di un latifundio nella Provincia del Casentino, persuaso di questo nuovo metodo di riparare, volle farne la prova in vasta estensione di greto,

---

Scornabecco	*Spartium scoparium.*
Ginestra d' Olanda	*Ulex Europaeus.*
Ruvistico	*Ligustrum Vulgare.*
Rogo	*Rubus fruticosus.*
Rose salvatiche	*Rosa canina, Rosa silvestris.*
Susino prugnolo	*Prunus spinosa.*
Prugnolo gazzerino	*Mespilus Pyracantha.*
Salcio da ceste	*Salix amygdalyna.*
Vinco da far panieri	*Salix stelix.*
Spino bianco	*Crataegus oxyacantha.* *Crataegus monogynia.*
Vitalba	*Clematis vitalba.*
Ginepro	*Iuniperus communis.*

GRAMINACEE, E PIANTE CHE FELTRANO

Avena maggiore	*Avena elatior.*
Palèo	*Bromus pinnatus.*
Loglierella	*Lolium perenne.*

per cui scorrevano ancora le acque basse dell' Arno. Esso fece costruire due Argini di questa forma, non minori di piedi 800., o

---

Erbe da fieno	*Festuca elatior.* *Festuca pratensis.* *Dactylis glomerata.* *Panicum hirsutum.* *Festuca ovina.* *Andropogon ischaemum.* *Apastis miliacea.* *Melica altissima.*
Canna comune	*Arundo donax.*
Canna a spazzola Canna di padule	*Arundo Phragmitis.*
Erba medica	*Medicago sativa.*
Erba medica gialla	*Medicago falcata.*
Trafogliolo bianco	*Trifolium repens.*
Trafogliolo de' Prati	*Trifolium pratense.*
Scirpo Cipero, o Giunco comune	*Scirpus maritimus.*
Scirpo comune Giunco comune	*Scirpus holoschoenus.*
Cipero cunzia Padulina, Quadrello Giunco quadrellato	*Cyperus longus.*

sieno metri 259, 840. per lunghezza. L'effetto prodotto col mezzo di tal lavoro fu così rilevante, che dopo la prima torbida, le Golene, ed i Seni da quelli formati, si riempirono di più di due piedi, cioè metri 0, 650. Passato il primo anno si rialzò tanto il terreno in tutta quella estensione, che vi si potè lavorare con l'aratro, piantar Viti, e far la sementa, come nei Campi contigui, a livello de' quali erasi elevata.

Questo è un fatto che ognuno può sempre vedere e toccare con mano. In varie altre circostanze ho progettato l'uso dei Curvi Arginamenti, e sempre il successo ha corrisposto mirabilmente all'espettativa.

Riparando in tal guisa, l'effetto ben corrisponde, subitochè gli Argini sieno costruiti e difesi con le avvertenze accennate.

§. CLXVI.

Qualora mancassero le ripe a cui appoggiare le testate degli Argini (*Fig.* 13.) Γ′, Δ′, Θ′, Λ′ . . ., Π′, Σ′, Φ, Ω′, . . . etc. opposte alle altre Γ, Δ, Θ, Λ . . ., Π, Σ, Φ, Ω . . . etc., che determinano le linee circoscriventi il nuovo andamento del Fiume (§. XX.), si potrebbe riparare a tal mancanza,

I.° O col prolungare tali Argini, dopo conveniente distanza dalle testate piramidali e curve, (§. XXV.) Γ, Δ, Θ, Λ.... Π, Σ, Φ, Ω... etc., in linea retta sino alle falde delle Colline o Monti, che limitano le Pianure per le quali il Fiume decorre;

II°. O con altri Argini paralleli, o quasi paralleli alle linee PQR... STU... etc. indicanti le nuove ripe (§. XXII.), e a tanta distanza da quelle, da non poter essere investiti, o urtati dal filo della corrente, che può introdursi nei Seni, onde lasciare alle acque torbide la comodità di formare lungo il lor corso delle estese Golene. Una distanza maggiore non può che influire nella più certa stabilità e sicurezza del nuovo corso del Fiume.

§. CLXVII.

È inutile l'avvertire come il primo di tali compensi non sia praticabile se non se in quei casi, in cui i Fiumi scorrono per anguste Pianure, o sia a non molta distanza dai Monti e Poggi, che circoscrivono le Vallate in cui decorrono. In caso diverso dovrà essenzialmente aversi ricorso all'uso degli Argini paralleli all'andamento delle acque, conforme abbiamo avvertito in secondo luogo, all'og-

getto di non esporre alle inondazioni tante vaste estensioni di suolo, con gravissimo danno dei Particolari e del Pubblico.

In tal guisa le acque avendo la comodità di spandersi e dilatarsi tra i siti circoscritti loro dagli Argini Curvi, ed ancora dai paralleli, o altre elevazioni naturali di suolo, può ragionevolmente sperarsi, che si rialzino e colmino le dette estensioni.

Allora potremmo lusingarci di allontanare dai Fiumi il pericolo di nuove rotte e inondazioni; perchè in tal modo venendosi a rialzare il terreno lungo i medesimi, potrebbero gli Alvei loro più facilmente mantenersi incassati tra valide, e consistenti sponde, come sono i letti di quelli, che scorrono regolatamente, e non producono danni.

§. CLXVIII.

È agevole ad ognuno il conoscere, dopo l'accennato riflesso, di quanta utilità potrebbero essere quelli Arginamenti, quando se n'estendesse l'uso ancora alla generalità degli altri Fiumi. Si potrebbe in tal maniera procurar loro delle forti spiagge, e si potrebbero rivestire i loro Alvei con grandi ed elevate Golene.

Crescendo queste proporzionatamente al

rialzamento del letto, o fondo dell' Alveo:

I.° Si rimoverebbe il timore del traboccamento, ed espansione delle acque.

II.° Si accrescerebbe la fiducia di ovviare alle Rotte derivanti dai meati e corrosioni, alle quali disgrazie sono soggetti gli Arginamenti usuali.

III.° E in tal forma perciò si perverrebbe ad assicurarsi nella miglior maniera, dalle Rotte dei Fiumi, e dei Torrenti.

CAPITOLO IV.

Utilità dei descritti Arginamenti a riguardo del riempimento degli Alvei.

§. CLXIX.

Ninno ignora, come i letti dei Fiumi sieno estremamente cresciuti, e come giornalmente si elevino da vantaggio in danno dei fondi contigui. „ Les Montagnes s'abaissent, dice *Guettard*, le Vallées s'elevent, la terre semble tendre à prendre une surface plane. Ce sont là des vérités, que des observations journaliéres prouvent de plus en plus, que beaucoup de Naturalistes ont embrassées, et aux quelles on ne peut guere se refuser. „

Il rialzamento degli Alvei, per quanto comune a tutti i Fiumi, non è però nella generalità loro egualmente vistoso e nocivo. Questo come derivante dalle materie che le acque trasportano, è manifesto che debba esser maggiore in quei luoghi o siti, in cui le acque scorrono con movimento più irregolare e precipitoso.

Tutti conoscono, quanto l'esperienza insegna, che il riempimento degli Alvei sia tanto più rilevante;

I.° Quanto l'origine dei Fiumi derivi da Montagne più o meno scoscese, e più o meno coperte di boscaglie, principalmente nei siti più dirupati.

II.° Quanto il terreno è più o meno sciolto, e più o meno sassoso.

III.° Quanto le sezioni degli Alvei sono più o meno discoste dalle Montagne, e secondo che in essi sbocca un numero maggiore o minore d'Influenti, i quali discendono precipitosi dai Poggi circostanti.

La Toscana come paese montuoso ne da un prospetto, che non può osservarsi senza ribrezzo.

§. CLXX.

Reca sorpresa, che tra le disposizioni provide e benefiche dell'immortale Pietro Leopoldo, si trovi il germe, da cui in pochi anni furono deteriorati miseramente i nostri terreni in vaste adiacenze.

Egli rilasciò ai Possessori piena facoltà di coltivare ad arbitrio i proprj fondi. Questi fecero abuso di tal facoltà, e perciò diboscarono e coltivarono ovunque si presentò loro qualche speranza di conseguire un vantaggio.

Incendiate e distrutte tante macchie, e boscaglie, ancor nei posti i più dirupati, le acque, dopo le prime e seconde raccolte dei generi frumentarj, hanno trasportata nei Fossi la terra lavorata e sommossa, dietro la quale sono in seguito precipitate le pietre, rimaste isolate e sciolte. Le Piene inoltre avendo trasportate tali materie dai Fossi nei Torrenti, e nei Fiumi, ne han le medesime ripieni, e variati i siti, in cui si riuniscono, e scorrono.

Così in tanti luoghi delle nostre Montagne, che per tale abbaglio restarono corrose e franate, si è perduto il Prodotto dei Boschi, è affatto sparita la lusinga di profittare delle raccolte di Grano, Segale, ed altri generi consimili, si deplora lo svantaggio di non poter

nuovamente rivestir tali siti di Piante, come lo erano per l'addietro; mentre non vi è più terra necessaria ad alimentarle. In tal maniera ci siamo procurati a caro prezzo la necessità di spendere, per far fronte ai danni, ai quali vanno soggetti i fondi contigui ai Fiumi, ed ai Torrenti.

„ On ne peut douter en effet, dice *il Signor Bernard* (1), que les pluies ne degradent continuellement les Montagnes dans les lieux où la Population est nombreuse, où les Hommes ont détruit les Bois, et où ils ont mis toutes le terres en valeur. A peine les eaux tombent-elles du ciel, qu'elles perdent leur limpidité en s'incorporant les parties les plus fines des terres; mais acquèrant insensiblement plus de masse et de vitesse, et devenant ainsi capables d'une action plus puissante, elles entraînent d'abord des Sables, ensuit des Cailloux, et elles peuvent enfin pousser devant elles des masses énormes de Rochers.

„ Les plus grands efforts de l'industrie humaine se bornent à éloigner alors le terme du

---

(1) Nouveaux Principes d'Hydraulique, appliqués a tous les Objets d'utilité, et particuliérement aux Rivières. Chap. III. Sect. X. pag. 215.

dépouillement des lieux elevés: le murs qu'on construit pour soutenir les terres affoiblissent l'action des eaux sans la détruire. Mais lorsque ces moyens, tout efficaces qu'ils sont, ne sont pas employés, les plus grandes dégradations sont la suite de l'avidité des Hommes; ils perdent souvent sans retour, après une jouissance passagere, jusqu'à l'espoir de voir naître quelque végétaux sur des lieux, qui leur auroient été toujours utiles, s'ils y avoient respecté les productions de la nature.

„ La maniere dont les Montagnes sont organisées, et les matiéres dont elles sont formées, contribuent beaucoup à rendre leur dégradation plus où moins rapide. Je ne me livre point aux détails que cette discussion pourroit fournir; il suffit d'être un peu instruit en Histoire Naturelle pour prévoir, selon le circonstances, quel doit être l'effet de l'action des eaux (1). „

(1) E' veramente singolare il Fenomeno osservato da *Saussure* nelle Montagne, che restano al di sopra di S. Martino, situate a sinistra della grande strada che conduce da Sallenche a Servoz.

„ Un danger, Esso dice, (Voyage dans les Alpes. Tom. I. Cap. V. pag. 408.) plus extraordinaire que l'on court quelquefois sur cette Route, est

Ancora la costituzione metereologica di un paese influisce non poco sulla conservazione

---

celui d'être surpris par des Torrents qui se forment subitement, et descendent avec une vîtesse incroyable du haut des Montagnes, qui sont sur la gauche de la grande Route.

» Ces Montagnes, presque toutes d'Ardoises, et en plusieurs endroits d'Ardoises décomposées, renferment des especes de Bassins fort étendus, dans lesquels les Orages accumulent quelquefois une quantité immense d'Eau. Ces Eaux, lorsqu'elles parviennent à une certaine hauteur, rompent tout-à-coup quelqu'une des parois peu solides de leurs Réservoirs, et descendent alors avec une rapidité terrible. Ce n'est pas de l'Eau pure, mais une espece de Boue liquide, mêlée d'Ardoise décomposée, et de fragments de Roches. La force impulsive de cette Bouillie dense et visqueuse est incompréhensible: Elle entraîne des Roches, renverse les édifices qui se trouvent sûr son passage, déracine les plus grandes Arbres, et désole les campagnes en creusant de profondes ravines, et en couvrant les terres d'une épaisseur considérable de limon, de gravier, et de fragments de rochers.

» Cet accident est trés rare: je ne l'ai vu qu'une seule fois le 7. Août 1767; et quoiqu'au moment où je le rencontrai il fût déja sur son déclin, j'en vis assez pour m'en former un idée.

» On ne peut pas imaginer un spectacle plus hi-

delle Montagne. Avverte il *P. Frisi*, che i Fiumi d'Inghilterra non scorrono quasi mai con acque torbide. Questa è senza dubbio una riprova, che le Montagne, ed altri luoghi scoscesi e dirupati di tal Paese, non sono stati ridotti a cultura, e che ivi le acque cadono dai nuvoli con lentezza sufficiente a lasciar loro tutta la comodità d'insinuarsi nella terra; e di scorrer per essa, senza alterarne e scomporne la superficie (§. III.).

§. CLXXI.

Varj sono i compensi, che si propongono da Persone intendenti e per pratica e per teorica, onde far argine a sì fatti infortunj. I più plausibili però mi sembrano quelli, che concordano col sentimento di *Viviani*.

Tali compensi consistono nel progettare:

I.° La ripiantazione del bosco nei siti sco-

---

deux: Ces Ardoises décomposées formoient une boue épaisse, dont les vagues noires rendoient un son sourd et lugubre; et, malgré la lenteur avec la quelle elles sembloient se mouvoir, on les voyoit rouler des troncs d'Arbres et des blocs de Rocher d'une volume et d'un poids considerable.»

scesi e dirupati, nella contiguità dei Fossati, Rii, e Botri.

II.° La costruzione di Serre, o Ture, che dir si vogliano, nei Fossi e Borri più profondi, all' oggetto di rendere più pianeggianti le acque tra quelle Vallate, affinchè ivi si fermino le Corrosioni, e si arrestino le materie, le quali sono dalle acque condotte nei Fiumi.

§. CLXXII.

Anzi l'istesso *Viviani* parlando delle Vallate adiacenti all'Arno (1), oltre al progettare la ripiantazione del bosco nei siti scoscesi ed in vicinanza dei Fossi, oltre la costruzione delle Serre nei luoghi più fondi dei Fossi medesimi, prima che escano da quei Monti, Poggi, e Colline, che circoscrivono il loro cammino; propone di più, per i casi nei quali tali Serre o Ture riuscissero troppo costose, di far acquisto di un sufficiente recinto, ove il corso dei Fossi principia a divenir pianeggiante, per il quale, arginato che fosse, le acque con lo spandersi e dilatarsi per i medesimi, raffrenassero l'impetuo-

(1) Vedasi il Discorso da lui diretto a *Cosimo III.* già accennato al §. CXXXVIII.

sità del lor corso, e vi deponessero le materie più grosse, che seco trasportano.

Avverte inoltre come in tali recinti, che chiama scaricatoj, potrebber formarsi considerabili Alberete, le quali oltre al contribuire al maggior depuramento delle Torbide, per le ragioni esposte al §. CXLIII., tagliate negli opportuni tempi e vendute, potrebbero formare un oggetto di rendita non indifferente.

E siccome per trattenere l' eccessiva elevazione del letto dei Fiumi, non pare che si possano proporre mezzi nè più sicuri, nè più semplici ed economici al tempo stesso, quanto quelli che il *Viviani* accennò; così credo opportuno il darne contezza con le di lui parole, affinchè le Dottrine di Maestro cotanto illustre seguitino sempre ad illuminarci.

„ Venendo oramai ad esporre, Egli dice (1), le Operazioni che dall' Incisa in giù io intenderei potersi porre ad effetto, per troncare il progresso di tanto riempimento del letto d' Arno, dico esser mio parere (oltre al rinnovare gli antichi Bandi, e ridurre a più esatta osservanza le proibizioni del

(1) Pag. 362., 363., e 364. Ediz. sopra cit.

taglio dei boschi sulle Alpi), che facendosi dalle valli laterali più prossime ad Arno, nelle quali di necessità si riducono tutte le acque, che lo vanno ingrossando, in quelle sole dirupate e sciolte che avessero bisogno di essere sostenute (le quali di numero non sono infinite) si andassero dal piè de' loro fondi su verso i loro principj disponendo, e fabbricando in aggiustate distanze fra loro più serre, o chiuse, o leghe, o traverse, che dir si vogliano, di buon muro a calcina, traforate da spesse feritoie, su larga pianta stabilmente fondate, e con grandissima scarpa al di fuori, con lor banchine, o platee, o basi a' piedi, e con più riseghe, oppur gradi, dove fosse necessario ridurle di tempo in tempo a maggior altezza, dopochè per di dietro si fossero rincalzate dalla materia, che le acque naturalmente vi condurrebbero, non convenendo di farle di posta alte, quanto vi vanno per non l'esporre a rovina ec. La forma di queste serre per lo più dovrebbe essere in angolo arcuata, col convesso volto indietro alla venuta dell' Acqua, ed a zana, cioè alquanto più basse nel mezzo, che alle testate da fermamente incassarsi dentro le ripe.

„ Con tali serre verrebbe moderata la gran

pendenza di quelle Valli, ed in conseguenza frenata giù per esse la soverchia caduta dell' acqua, e fermata perciò la corrosione dentro il suolo delle medesime Valli.

„ Fabbricate, e rincalzatesi queste chiuse, si dovrebbe su per esse Valli, in quei luoghi dove già non fossero, far diverse e folte piantate di boscaglia, o da fuoco, o da taglio, la più appropriata alla qualità del terreno, e del sito, per distanza (di quà, e di là dai suddetti fondi, e chiuse) la maggiore, che possibil fosse occupare col minore incomodo dei Possessori, ma almeno di braccia trecento per parte, avendo riguardo ai bisogni de' luoghi, alla grandezza delle Valli, ed alle lorò maggiori o minori pendenze, tanto laterali che andanti; provvedendo quì ancora con pene alla conservazione perpetua di tali Boschi, i quali però debbano sempre restare a dominio dei loro veri padroni.

„ Nei siti poi di tali Valli, dove fossero per far prova gli Ulivi, far piantare di questi più folti del solito in luogo di bosco, ma delle qualità, che provassero più nel paese, e che sodisfacessero ai propri padroni, e con proibizione parimente di sollevare il suolo fra essi Ulivi, fuorchè dentro il circuito delle solite loro muriccie; affinchè il rimanente

del suolo ricopertosi di erbe, e ridottosi a prato, e pastura, vi continui stabile, e fermo.

„ Non comprendo già, fra le dette Valli rispondenti in Arno, le coltivate a Viti, ed a Frutti, perchè io le suppongo elette a ciò, come più ferme di suolo. È ben vero, che queste coltivazioni richieggono quasi tutte moderazione, per esser per lo più fatte secondo la pendenza maggiore del Monte, senza ritegno di spessi muri attraverso, o intralice, senza Aquidoccj, o così radi, e mal situati, che già per essi l'acque piovane conducon seco quel poco buon terreno, che vi era, allorchè il Monte, o il Colle fu diboscato; onde questo ben presto ne diviene come scheletro, e le coltivazioni, rimanendo scalzate, vi si disperdono.

„ E perciò io non intesi mai, per qual cagione l'industria degli abitanti, al diminuirsi la negoziazione, allorchè pretese di render più fruttiferi i proprj fondi boscati, non si applicasse piuttosto alla coltivazione degli Ulivi in assai maggior copia di quel che fece; mentrechè, quasi tutto il suolo de' mezzani Monti, e de' Colli, dei quali costa per lo più la Toscana, è amico di questa pianta, e il Cielo, ed il clima non le è nemico, anzi, nella parte maggiore, le è sommamente beni-

gno, e mentre, fuor della prima spesa, nelle fosse, o nelle formelle, questa sorta di colto ne richiede poc' altra, e la Vite la vuol grande, e continua. Conveniva bensì, che nel far questi uliveti dove erano prima i boschi, e' si fossero contentati di non voler ritrarre da quei fondi, oltre all' Olio, anche il Vino, le Frutte, i Frumenti, e le Biade; vedendosi in molti luoghi, che per desiderio d' aver tutto, in breve tempo han perduto il tutto: conciosiacosachè quel terreno, che bastava a nutricare e tener vive le piante del bosco, ed il quale dalle folte barbe di quello era trattenuto, nell' averlo poi ogn' anno sollevato, si è più facilmente ricotto da' ghiacci, e dal sole, e colle piogge se n' è andato pe' Fossati a riempire i Fiumi: onde i coltivati ancora se ne sono iti; il che non sarebbe avvenuto, se fatta con buon ordine, e in distanze debite la posta dei Piantoni, o degli Uovoli, allevati questi, e posti in sicuro, ed armati con larghe muricce attorno, ripiene di buona terra, avessero lasciato incolto il rimanente di quel terreno, e ridottolo a pascoli: poichè in oggi, oltre alla maggior copia de' Latticini, e del Bestiame, si abbonderebbe tanto di così prezioso liquore, che potrebbesi largamente permetterne l' estrazio-

ne, col provvederne gli Esteri, che ne mancassero, per riceverne tanta moneta, o per barattarlo in alcuna delle mercanzie, di cui noi fossimo privi. E di questi profitti ne goderebbe adesso non tanto il particolare, che l'universale, e lo Stato tutto in riguardo alla copia tanto maggiore di tali grasce. Ma torniamo a' ripari.

„ In quelle Valli poi, le quali, fra le altre che sboccano in questo Fiume, fossero spogliate di piante, e consistessero di nudo sasso e ghiaia, e dove, o per tal causa, o per esser troppo larghe, non francasse la spesa a farvi simili serre, o non vi si potessero far piantate di sorta alcuna per ritenere quelle materie già smosse, e che di continuo si muovono, e scendono con le acque, propongo di eleggere giù nel basso un competente spazio piano della peggior qualità che vi sia, da pagarsi il giusto prezzo, per tenerlo sempre arginato all'intorno; acciò serva di scaricatoio, dentro al quale esse materie possano comodamente deporsi, e le acque sgravatesene, e perduta quivi la forza, escano depurate da quel chiuso a condursi men rapide, ed in minore altezza per sufficiente canale dentro al letto d'Arno. E questi tali chiusi non resterebbero infruttuosi, poichè vi si farebbero dentro

tante alberete, le quali, a' tempi dei loro tagli, riescono di gran rendita.

,, Per ultimo, affinchè Arno medesimo sotto l' Incisa (dove e' cammina fra Monti giù dal fondo di una stretta Valle) cessi al possibile di corrodere le proprie ripe, e di smuovere, e portar seco il sasso, di cui son formate, sommo rimedio sarebbe il toglierli gran parte della sua eccedente caduta, con rimettere in piedi alcune Pescaie, che già vi erano attraverso per servizio di più Mulini, i quali in oggi si son perduti, e col fabbricarne delle nuove per altri Mulini in quei siti più angusti, ed i quali da' Periti venissero giudicati i più sicuri, e di manco spesa; che in tal maniera, senza danno de' particolari (perchè l' altezze di tali Pescaie non potrebbero impedire gli scoli ed alcun piano laterale, essendochè di questi per gran tratto non ve ne sieno), e con evidente benefizio del Pubblico, per l' uso di quei Mulini, de' quali in tempo di state si ha gran bisogno, si verrebbe anche in questa parte a rimuovere la continua cagione del rialzamento del letto d' Arno da Rovezzano a Signa: e tutto con maggior sicurezza, se un riparo simile di Pescaie venisse fatto ancora attraverso al Fiume della Sieve per qualche distanza dal suo

sbocco in Arno per in su, e negl' ingressi di altri Fiumicelli, e Fossati, che vi si scaricano; purchè sempre, ed in tutto si abbia l'occhio all' indennità de' particolari, alla quale già la natìa, ed inarrivabile clemenza dell' A. V. in ogni occasione si dichiara, e vuole, che avanti ad ogni altra cosa si trovi modo di provvedere.

„ Da queste operazioni di serre, e di piantate di boschi, quando bene non si ottenesse il desiderato sgravio d' Arno, da quelle materie che lo riempiono (il quale grandissimo di necessità, e ben presto si proverebbe) sicurissimo sarebbevi pure il benefizio de' particolari Possessori in godere i Beni di quelle Valli, consolidati, e sicuri dalle frane, e dalle rose, col frutto, a' tempi debiti, di quegli olii, di quei legnami, e del bestiame d' ogni sorta, per la copia maggiore delle pasture; in guisa tale, che da tutto trarrebbero molto più viva ed assai maggiore entrata, che dalle coltivazioni de' Vini, le quali riescono assai fallaci, e dispendiosissime a mantenerle.

„ Per fine, se oltre alle operazioni già dichiarate, si riducessero a folti uliveti, o si rimettessero a boschi ghiandiferi, non solamente i fondi delle enunciate Valli, ma il

resto ançora di quei Monti, e Colli più scoscesi, che son fra esse, di quegli almeno, che immediatamente scolano in Arno, è manifesto, che oltre al ritrarne frutto molto maggiore, non tanto molto men sasso, e men ghiaia, quanto men terra ancora vi potrebbe discendere.

„ La spesa in eseguir tutto con buon ordine, a parte a parte, e in più anni, penso che non sarebbe insoffribile; ma come all' A. V. S. è noto, non vi è spesa la più plausibile, nè la più grata, benchè grandissima, di quella che trapassa a benefizio della posterità.

„ Simiglianti ripari di serre, di piantate di boschi, di scaricatoj, e di pescaie, utilissimi senza dubbio si farebbero conoscere, applicandogli ad altri Fiumi del Dominio Fiorentino, come ad Ombrone, a Bisenzio, alla Marina, all' Ema, alla Greve, alla Pesa, all' Elsa, all' Evola, all' Era, e ad ogni altro della Toscana, siccome d' ogn' altra Provincia dell' Italia; e fuori dovunque occorra provvedere; che i letti dei Fiumi, e Canali, si conservino navigabili, e non si riempiano di materia avventizia, che occupi il luogo alle acque, per le quali quegli Alvei furono destinati. „

§. CLXXIII.

Ma questi mezzi proposti dal *Viviani* per arrestare le materie dei Fossi e piccoli influenti, prima del loro sbocco nei Fiumi, e per fermare le corrosioni delle ripe nelle porzioni d' Alvei anguste e ristrette tra monti e colline facilmente franabili dalle acque, i quali mai potrebbero inculcarsi bastantemente, non altro farebbero se non che cominciare quell' operazione, la quale più facilmente giungerebbe alla perfezione, col soccorso de' miei Curvi Arginamenti.

Per restar pienamente convinti di tal verità, basta il riflettere, che con tali Scaricatoj altro non può farsi, se non che diminuire la quantità delle materie trasportate dagl' Influenti nei Fiumi, quando non si costruissero in modo, da non permettere alle acque di escire dai medesimi, se non per traboccamento, o sia col fluire per aperture, il di cui fondo fosse alquanto elevato sopra il fondo, o piano di tali Scaricatoj, onde non escisser da quelli le pietre, e le ghiaie, che le, acque posson lasciarvi. Lo che è quasi impossibile, tanto per la spesa in formargli, quanto per le tante altre diligenze da usarsi per mantenergli in quello stato.

Ed oltre a ciò, gl' indicati Scaricatoj, unitamente alle Pèscaie, le quali secondo l' Autore sarebber da costruirsi in quei tronchi d' Alvei di considerabile pendenza ed incassati tra i Monti, non servendo a rimuovere le corrosioni delle ripe, fuorchè in quei determinati siti dei Fiumi, quando le acque sono entrate nei loro Alvei; non impedirebbero perciò nemmeno quei depositi, che si formerebbero nei luoghi inferiori e superiori alle confluenze, e Pescaie indicate, tanto per le materie le quali tuttora v' introdurrebbero gl' Influenti, quanto per quelle, che si accumulerebbero per lè corrosioni, e frane che ancor si formassero per l' intiera lunghezza degli alvei.

§. CLXXIV.

Ma a questi due inconvenienti pare che adequatamente provvedano gli arginamenti da me proposti, e fatti eseguire con ottimo successo.

Presentandosi dai medesimi sempre nuovi Scaricatoj lungo il corso dei Fiumi (quindi intendo parlare di quegli Alvei per i quali il corso delle acque si faccia irregolarmente), le acque, mentre non avrebbero più luogo di corrodere le ripe (§§. CXLI. e CXLII.),

troverebbero spesso nuove adiacenze, nelle quali sarebbero esse costrette ad abbandonare tutto quello, che loro fosse di estraneo, o sia tutto ciò che contenessero di eterogeneo. (§§. CXLIII., e CLIV.).

§. CLXXV.

In conseguenza dell' accennato riflesso, resta bastantemente chiaro, come con i miei Curvi Arginamenti possa conseguirsi il benefizio di arrestare, ed ancor rimuovere il riempimento dei letti dei Fiumi, e dei Torrenti, qualora si unissero a quelli le Serre, e gli Scaricatoj di cui parla il *Viviani*.

§. CLXXVI.

Assicurate in tal modo dalle corrosioni le ripe, o sponde dei Fiumi, ed impedita l' introduzione delle pietre, ghiaie, ed altre materie pesanti nei loro Alvei, non potrà mai temersi, che i loro letti o canali si elevino sensibilmente, se non dopo un tempo assai lungo. I depositi di sabbie ed altre parti terrose, che può lasciare una torbida, son facilmente rimossi da altra torbida maggiore che le succeda. L' acqua in questo caso scor-

rendo in maggior massa acquista maggiore attività per riprendere e trasportare più avanti le materie costituenti tali depositi, e in tal forma la corrente perviene a scaricarle nel Mare, senza alcun pregiudizio, almeno sensibile, dell' Alveo per cui fluisce.

Questa in sostanza non è che la conseguenza di quanto ha detto il *Guglielmini* nel Coroll. 6. della Prop. 6. del Cap. V. Ivi „ Acciocchè le particelle di terra restino unite all' acqua, si ricerca un certo grado d' agitazione proporzionato al loro peso, mole, figura, e superficie, cessando il quale cominciano a discendere, ed a lasciar l' unione che prima avevano con le particelle dell' acqua. „ L' istesso *Guglielmini* nella Prop. 7. del medesimo Cap. V. fa una restrizione a tal regola, la quale consiste nel riflettere, che una data quantità d' acqua non potendosi imbevere che di una data quantità di terra, e di rena, non la sola agitazione, ma ancora la quantità dell' acqua scorrente, egli dice, concorre a tener sollevate le molecole estranee alla medesima, o sieno le particelle eterogenee di cui le torbe sogliono caricarsi, quale effetto succede appunto allorchè sopravvengono delle Piene maggiori.

Quindi manifestamente rilevasi, che quanto

sarà maggiore il movimento della corrente, ed il volume delle acque fluentii per alvei stabiliti e regolari, tanto più difficilmente potranno aver luogo i riempimenti e scomponimenti dei fondi dei medesimi.

E questo è il motivo per cui il *Guglielmini* continuando a parlare dei Fiumi, che portano arene assai sottili, e parti terree, come pure delle forze dell'acqua sufficienti per mantenere incorporate e sollevate le parti estranee alla medesima, e delle pendenze necessarie per impedire le deposizioni, aggiunse alla pag. 133. che „ in proposito di volere sminuire le pendenze, potrebbe giovare essendo praticabile, il ristringimento dell'Alveo ad un Fiume (1), o l'unione di più acque in Alveo medesimo.

---

(1) L' esperienza comprova in generale l'attual sentimento del *Guglielmini*, il quale non è in sostanza, che la conseguenza semplice, e legittima delle regole fondamentali d'Idrometria. Sarebbe veramente desiderabile, che simile verità non s'ignorasse da chiunque ha interesse per la buona direzione del corso dei Fiumi, ma più specialmente poi da quelli, i quali come Oracoli vengon consultati per le operazioni Idrometriche. In tal guisa non si vedrebbero fomentate le cause dei riempimenti degli Alvei, ed accresciuti sempre più vistosissimamente tutti i giorni i pericoli delle rotte, inon-

Ancora il Sig. *Bernard* alla pag. 288. parlando di quei Fiumi, che non conducono altro che sabbia, dice „ Mais on n'aura pas à craindre que le fonde puisse s'élever d'une maniere sensible, à moins qu'on ne prenne pour la production de cet effet un temps très considérable .

„ Quant aux dépôt de Sable et de Limon, on ne redoutera pas qu'ils puissent élever jamais le Lit de Rivieres qui ont quelque pente. Ces matieres, qu'une crue fournit, sont enlevées et remplacées par la crue suivant; elles passent des Rivieres dans le Fleuves, et parviennent enfin à des Lacs, ou à la Mer. „

§. CLXXVII.

Nè dee omettersi di avvertire, quanto i miei Argini contribuir potrebbero a rimuovere

---

dazioni, e devastazioni delle campagne; e ci verrebbe in tal modo risparmiato altresì l'acerrimo dispiacere di veder gli Uomini cospirare ai loro proprj danni, e di sentir riproporre quei falsi principj di allargare i letti dei Fiumi, per rimuovere in generale in qualche situazione, e specialmente ove questi scorrono in ghiaia, il riempimento dei loro Alvei, e il traboccamento delle acque.

le inondazioni di qualche Provincia, ancor nel solo riflesso di agevolarsi, mediante i medesimi, la riunione di più acque correnti in un solo cammino. Simile operazione, conforme mostrammo nella prima Parte di questo scritto, essendo causa, che le acque fluenti in maggior copia scavino e vuotino il fondo del canale, e che il lor corso si stabilisca in conseguenza sopra inclinazione di letto sempre minore di quella, che separatamente conservano gl'Influenti negli Alvei proprj (1),

---

(1) I fenomeni ed il fatto corrispondono generalmente a quelle teorìe. Il Pò Grande, si legge in *Barattieri* alla pag. 213., da Cremona sino allo sbocco dell'Oglio cammina con maggiore inclinazione di quella, che ha nelle parti inferiori. Dal Cap. XV. della risposta ai Sigg. *Ceva*, e *Moselli* si rileva, che il Panaro sopra alla Stellata corre con once 18. e punti 10 ¾. di caduta per miglio. Così da altri sappiamo, che il fondo del Pò dalla Stellata a Lagoscuro ha una pendenza eguale a quella del pelo basso delle di lui acque, la quale corrisponde a ragione di once 7. e punti 11. per miglio. Il Lavinio nel proprio Alveo pende on-76 ½. ragguagliatamente per miglio, e la Samoggia once 53., e punti 5. nelle ultime due miglia sopra la confluenza. Andando questi due Torrenti uniti insieme, hanno la pendenza ragguagliata di

può spesse volte, la riunione di più Fiumi, dice il *Guglielmini*, essere ancor l' unico mezzo per liberare un Paese dalle inondazioni, che lo affligghino e devastino.

Ora, cooperando i miei Argini Curvi alla più sollecita deposizione delle ghiaie, ed altre materie pesanti, che le acque trasportano, non ha dubbio che in tal modo i Fiumi con assai maggiore agevolezza, ed ancor più d' appresso alle loro origini potessero pervenire a quella regolarità, e uniformità di corso, la quale essenzialmente richiedesi per poter farne la riunione con la dovuta certezza dell' ottima riescita.

---

once 37 ½. dalla loro confluenza sino allo sbocco nel Reno. Questo, due miglia sopra lo sbocco della Samoggia, pende in ragione di once 26. e punti 2. per miglio, e in tutto il tratto superiore di 5., o di 6. miglia ha la pendenza ragguagliata di once 25. Nelle prime pertiche 781. sotto lo sbocco della Samoggia pende il Reno in ragione di once 17. e punti 8. per miglio, e in tutto il tratto di miglia 7 ½. dalla Samoggia sino alla Rotta Panfilia, ha la pendenza ragguagliata di once 18. e punti 4., che si fa poi d' once 14 ¾. sopra la Rotta, conforme risulta dalle ultime livellazioni.

§. CLXXVIII.

Così, con l'aiuto dei Curvi Arginamenti, che da me si propongono potrebbe fondatamente sperarsi:

I.° Di provvedere al corso regolare delle acque.

II.° Di favorire la loro riunione in un solo cammino.

III.° Di evitare le corrosioni, e le rotte.

IV.° Di riacquistar Terreni.

V.° Di contribuire al migliore stabilimento e conservazione del fondo degli Alvei, per cui potrebbero avere uno scolo più facile e ordinato le acque, che piovono nelle campagne vicine, e contigue.

In tal guisa pertanto con agevolare al possibile la riunione dei Fiumi, e con allontanare per quanto può esser permesso il riempimento degli Alvei, si accrescerebbe la speranza di poter giungere al desiderato intento di ben dirigere e regolare il Corso dei Fiumi e dei Torrenti.

DESCRIZIONE

Dei tentativi accennati al §. *LXXI.*, *fatti per la prima volta con due differenti Idrometri, per investigare la celerità delle Acque correnti.*

§. I.

Li sperimenti furon fatti in un Canale murato, assai lungo, e diritto, largo Piedi Parigini XI. (eguali a Metr. 3,573.), in cui l' acqua alta Piedi V. (corrispondenti a Metri 1,624.), scorreva con pendenza leggera, ed uniforme, sopra un fondo di lieve smalto, e trasportava un Galleggiante in IX. secondi, per il tratto di Piedi XXX. Parigini, o sieno Metri 9,746.

Nel mezzo di tal Canale fu piantata a colpi di mazza un' asta AB (*Fig.* 20.) armata con punte di ferro nell' estremità inferiore B, perpendicolare alla superficie dell' acqua, la quale si fissò al di sopra in una traversa orizzontale, posante nei muri laterali.

Tale asta fissa serviva di guida ad un' altra CD, che per mezzo di due staffe HD, ed HF, da cui era rifasciata, strisciava esattamente lungo quella, e si alzava ed abbassava con una corda CPO, attaccata alla sommità C della medesima, scorrendo sopra una puleg-

gia P posta nella cima della predetta asta fissa BA.

§. II.

Il montare l'asta verticale AB può riescire assai facile ancora nei gran Fiumi.

Sia MN un gran Fiume su cui vogliasi assicurare stabilmente l' asta verticale PQ (*Fig.* 24.), che dee servir di guida all' altra cui è unito il meccanismo Idrometrico. Si fissino nell' Alveo stabilmente i quattro pali, o colonne AB, CD, EF, GH, in tempo opportuno, o sia quando l' acqua è bassa. Sopra le loro estremità, A, C, E, G (le quali si procurerà che facciano un medesimo piano, ed alquanto superiore a quello che segnano le massime torbide, durante le quali vorran farsi le osservazioni), si adattino stabilmente le due traverse AC, ed EG di lunghezza sufficiente, e la terza AE della più gran lunghezza possibile.

Dico, che la traversa AE sia della più gran larghezza possibile, per la ragione di evitare affatto il pericolo, che il movimento della corrente corrispondentemente al mezzo di tal lunghezza, a cui è fissata l' asta verticale, o guida PQ, non possa restare in conto alcuno alterato, per l' intoppo che presentano le colonne accennate.

Le colonne C D, e H G, oltre al servir d'appoggio alle anteriori A C, E Q, mediante le traverse A C, ed E G, servono altresì a sostenere il palco O O, necessario per il maneggio degli Strumenti, e per esperimentare in conformità di ciò che avrem luogo di osservare in seguito. Per trasferirsi in tal palco, può profittarsi di una barchetta Y come è accennato dalla Figura medesima.

§. III.

Il pezzo mobile C D (*Fig.* 20.) portava nell'estremità inferiore una cassetta Δ β (custodita con la portella β) in cui era situato un vette angolato T M N, il quale era portato dall' alto in basso, e secondando il movimento dell' asta C D, era destinato a percorrere ogni punto dell' altezza dell' acqua, ed a fermarsi per dar luogo ad osservare i diversi gradi della velocità della medesima.

Nella faccia Δ della cassetta era fermata stabilmente l'imboccatura di un Tubo, S per cui l'acqua s' introduceva, e nell' opposta faccia, in perfetta dirittura a questo, è altresì fermata l'imboccatura dell' altro Tubo R, per cui l' acqua esciva dalla cassetta. L'oggetto di tali Tubi era quello di condurre a traverso della cassetta quell' acqua che na-

turalmente s' introduceva per la loro capacità, prima di risentir l' effetto dell'ostacolo, che l' apparato presentava al di lei moto.

Questi tubi eran lunghi piedi V. (= a Metr. 1,624.). Per determinar tal lunghezza feci diverse osservazioni, le quali mi fissarono nella certezza, che quella non potesse esser minore di Piedi IV. (= a Metr. 1,949.), affinchè l' acqua, che s' incamminava per essi, non risentisse l' alterazione del movimento dell' altra, che urtava nell' apparato.

La portella β chiudevasi esattamente con qualche mistura, acciò la cassetta restasse impenetrabile all'acqua esterna, e acciocchè il vette T M N non si movesse se non per l'urto dell' acqua, che entrava ed esciva dai Tubi.

Ogni movimento dell' indicato vette si riferiva alla parte superiore F, oppure G della Bilancia, e poteva osservarsi stando in un palco elevato sopra l' acqua a conveniente distanza.

ARTICOLO I.

Esperimento Preliminare

§. IV.

Questo fu diretto a conoscere se vi era differenza tra la celerità dell' acqua di un Fiume, e la celerità dell' acqua del medesimo, che

scorresse per un canale immerso orizzontalmente, e direttamente al di lei corso.

Sopra due stabili appoggi, e sotto la superficie dell' acqua alla profondità di VI. Pollici (= a Decimetri 1,524.) fissai parallelo alla superficie della corrente, e in diritto alla linea o filo della medesima, un Tubo AB (*Fig.* 21.) levigatissimo di IV. Pollici di diametro (= a Decim. 1, 083.), e di V. Piedi per lunghezza, o sieno Metri 1,624.

In un punto S dell' orlo, da cui l' acqua esciva, adattai un sottile e delicato vette VV impernatovi con la maggiore accuratezza, il quale presentasse esattamente la metà della sua superficie alla corrente libera, e l' altra metà all' acqua scorrente per il Tubo immerso.

A quel vette fissai un Indice verticale IS, che sopra l' acqua all' altezza di VIII. Pollici (= a Decimetri 2,166.) mostrasse la situazione del medesimo.

Il risultato di lunghe osservazioni fù sempre, che il vette urtato sì dall' acqua veniente pel tubo immerso, sì dalla corrente al di fuori del tubo, si mantenne affatto immobile, e senza alcuna sensibile variazione.

Da tale sperimento adunque risultò, che

l' acqua scorrente per l' interno del sopradescritto tubo, conservò l' istessa uniformità di moto dell' altra, che liberamente scorse per il canale.

ARTICOLO II.

Preparazione dell' Istrumento a Bilancia per far l' esperienze.

§. V.

Chiusa esattamente la portella β (*Fig.* 20.), il vette MNT collocato nella cassetta, non poteva esser mosso se non dall' acqua, che in quella entrava dal Tubo S.

Al braccio F era attaccato un filo di ferro FT, che faceva equilibrio col piatto G.

L' estremità inferiore di tal filo era unita, mediante un piccolo perno, all' estremità T del braccio TM del vette angolato TMN, il quale con ogni delicatezza era impernato nella cassetta nel punto M.

Il predetto filo di ferro era incluso in un tubetto di latta XY fermato nella parte superiore della cassetta, e fermato con staffe all' asta mobile CD. Questo serviva a difender quello dall' urto della corrente.

Qualsivoglia urto dell'acqua veniente dal tubo S, era capace di far muovere il vette TMN; e di alterare in conseguenza l'equilibrio tra il filo FT, ed il piatto G.

Tale equilibrio si riconduceva apponendo nel piatto G un peso bastante a riottenerlo.

È da avvertirsi in oltre, che il peso del filo di ferro dovendo crescere, e scemare, scorrendo dall'alto in basso, a proporzione del fluido che rimuove successivamente dal proprio sito, tali differenze furono da me calcolate con ogni esattezza, per la ragione di avere nei risultati, che osserveremo in seguito, la necessaria esattezza ancora in questa parte.

Pertanto l'acqua che esciva dal tubo S, urtando in N braccio del vette, toglieva l'equilibrio col piatto, in cui apponendo un peso esattamente capace per ristabilirlo, questo peso serviva per misura della pressione che l'acqua esercitava sul vette.

Così facendosi gradatamente discendere la cassetta per ogni punto dell'altezza, il vette incluso era capace di mostrare in ogni punto qual fosse il grado della celerità dell'acqua, mentre mostrava la pressione, che questa esercitava sopra il medesimo.

§. VI.

Il risultato dell'esperienze, fatte coll' Istrumento a Bilancia nel modo indicato, vedesi dalla seguente Tavola.

Tavola I.

Gradazione dell'Immersione dell'Istrumento espressa in Piedi e Metri.		Pesi correspettivi per ricondur l' equilibrio						
		Pesi Metrici			Pesi Toscani			
Piedi	*Metri*	*Chil.*	*Gra.*	*Mil.*	*Lib.*	*Onc.*	*Den.*	*Gra.*
alla Superficie		—	352	611	1	—	11	—
a I =	0,325	—	373	781	1	1	5	1
II	0,650	—	395	251	1	1	23	2
II ½	0,812	—	395	251	1	1	23	2
III	0,975	—	376	729	1	1	7	13
IV	1,299	—	332	714	—	11	18	5
IV ½	1,461	—	296	510	—	10	17	12

ARTICOLO III.

Descrizione, e preparazione di un secondo Istrumento a Molinello e Mostra.

§. VII.

Nella cassetta A B (*Fig.* 22.) (1) era con la massima diligenza impernato un Molinello M, in cui urtava l'acqua veniente dal tubo S.

Tal Molinello aveva per asse un sottilissimo tubetto OM (formante come unito a quello un pezzo solo), che si elevava verticalmente, e trapassando al di sopra del piano circolare O, ivi segnava con una lancetta le revoluzioni di quello, dipendenti dal moto dell'acqua, che entrava nella cassetta per il tubo S, ed esciva per l'altro R.

Il sottil tubetto inserviente per asse, era difeso dall'urto dell'acqua da un altro XY, che gli serviva come di custodia, e restava fissato come l'altro dell'Istrumento a Bilancia.

---

(1) Tanto questa Cassetta, quanto le due Aste A B, C D sono precisamente montate nell'istessa forma della Cassetta, e delle Aste dell'altro Istrumento a Bilancia.

Girando sulla mostra O la lancetta mossa dal Molinello M, segnava in essa le revoluzioni fatte da quello in un dato tempo.

Così dal maggiore o minor numero di revoluzioni fatte in un tempo dato, si conoscevano le variazioni del moto del Molinello, e per necessaria conseguenza i diversi gradi di celerità dell'acqua, da cui era mosso.

Potendosi il Molinello ritenere, e farsi agire in qualsivoglia punto (1), era concesso in conseguenza di osservarsi in ogni istante i gradi della celerità.

§. VIII.

Il risultato dell'esperienze fatte coll'Istrumento a molinello, e mostra, dedotto dal numero delle revoluzioni osservate in un minuto primo, vien presentato dalla seguente

---

(1) Servendosi della Corda CPQ come si è fatto per l'Istrumento a Bilancia (§. I.)

TAVOLA II.

Graduazione dell' Immersione dell' Istrumento espressa in Piedi e Metri.			Revoluzioni correspettive osservate in un minuto I.°
Superficie			58
a Piedi I	= *Metri*	0,325	61 ½
II		0,650	65
II ½		0,812	65
III		0,975	62
IV		1,299	54
IV ½		1,416	50

§. IX.

Tali Esperimenti fatti nel corso di otto giorni in presenza di Persone Illustri, e ripetuti con ordine retrogrado, mi presentaron sempre gli stessi risultati.

§. X.

Usate con sommo scrupolo le necessarie avvertenze, risultò dall' esperienze fatte con i due Idrometri;

I.° Che la celerità dell' acqua di quel canale cresceva fino a Piedi due di profondità.

II.° Che da Piedi due fino a due e mezzo si conservava l' istessa.

III.° Che da questo punto verso al fondo andava sempre scemando.

§. XI.

Presa qualunque retta A H per asse (*Fig.* 23.) eguale all' altezza dell' acqua, cioè a Piedi V. (= a Metri 1,624.), ed in quella assegnate le ascisse AB = 1 Piede (= a Metr. 0,325.), AC = 2. (= a Metr. 0,650.), AD = $2\frac{1}{2}$ (= a Metr. 0,813.), AE = 3. (= a Metri 0,975.), AF = 4. (= a Metr. 1,299.), AG = $4\frac{1}{2}$ (= a Metr. 1,462.), e da quei punti tirate le ordinate AA′, BB′, CC′, DD′, EE′, FF′, GG′, proporzionali respettivamente o alle girate della Lancetta, o alle radici quadrate dei Pesi posti nel Piatto: unite l' estremità di quelle A′, B′, C′, D′, E′, F′, G′, H′, la Figura risultante presenta la scala delle velocità dell' acqua.

Come abbiamo avvertito che tutte le ordinate AA', BB', CC', DD' ec. della sopraespressa Figura, rappresentano le velocità del fluido, così la media di tali Ordinate potrà rappresentare la media celerità dell'acqua scorrente nel Canale ove si fecero gli sperimenti.

§. XII.

Ma siccome, per quanto grande, ed ancora scrupolosa esattezza possa usarsi nella costruzione di tali Strumenti, questa non serve a togliere affatto le difficoltà provenienti dagli attriti, così è evidente, che la media celerità dell'acqua risultante dalla scala delle velocità come sopra formata, non può rappresentare esattamente la media celerità assoluta della corrente. Si può peraltro correggere tal difetto con somma agevolezza, facendo uso dei Galleggianti, in conformità di quanto fu detto al paragrafo LXXIV.

§. XIII.

La Matematica non crea e non inventa, ma prende i suoi dati ad imprestito. Questi dati per la Scienza Idraulica non sono somministrati se non dall'Esperienza. Non pos-

siamo far conto, e combinare, se non delle masse, l'azione delle quali dipende da quella combinata delle particelle che la compongono, mentre queste ci sono incognite affatto.

Per rintracciare il vero concetto della velocità media, converrebbe poter segnare in tutti i punti dell' altezza i gradi della velocità dell' acqua. A tale scopo eran diretti i Tentativi da me fatti col mezzo delle due macchine accennate.

Il Pendolo, il Tubo ricurvo, la Fiasca Idrometrica, le Aste Ritrometriche, ed altre invenzioni di Uomini insigni; gli Esperimenti del *Guglielmini*, *Castelli*, *Zendrini*, *Manfredi*, *Grandi*, *Frisi*, e altri tra i nostri, come pure le Osservazioni dei Cav. *Borda*, *Ivan*, *Smèathon*, *d' Alembert*, *Bossut* ec. potrebbero forse rendersi vantaggiose, riferendole, per quanto si può, ad illuminare il mio Tentativo. Questo intanto ci ha posto in grado di ritrovare alcuni fatti, l' ignoranza dei quali necessitandoci a sostituirvi delle false ipotesi, siamo incorsi bene spesso in grandi errori.

Infatti, diversi Autori Oltramontani han creduto, fatta astrazione dalle resistenze del fondo, e delle ripe, o che la celerità dell' acqua si mantenga costante dalla superficie fi-

no al fondo, oppure che vada verso quello sempre scemando. Il nostro *Guglielmini*, ed altri Italiani, credettero il contrario, asserendo, che la celerità si accresce in ragione della maggior profondità, sin tanto che non servan di ostacolo le resistenze del fondo medesimo. Ciò sicuramente resta comprovato dalle mie Esperienze.

Mi astengo da altre riflessioni, ma non posso trattenermi dal mostrare il più vivo desiderio, che l'illustre Società Italiana, unico Santuario ove, per così dire, il Sacro fuoco dell'onore scientifico della nostra Nazione si conserva e si ravviva, incoraggisca gl'Idraulici a fare il tentativo di risolvere in generale l'importantissimo Problema, concernente lo scuoprimento della media velocità delle acque correnti (§. LXX.), la soluzione del quale tanto interessando la felicità degli Uomini, solleverebbe ad eminente grado di perfezione la Scienza dell'Idrometrìa.

Possa esser sempre vero quanto confessò il Sig. d'Alembert, che gli Autori Italiani si sono in quella distinti, e che a loro è dovuto tutto ciò che a tal riguardo è stato fatto di grande!

INDICE

PARTE PRIMA

Considerazioni sopra gli Alvei.

PARTE SECONDA

Indicazioni per conoscere gli effetti delle Acque dei Fiumi contro gli Argini ed altri ostacoli.

PARTE TERZA

Tentativo per ristringere ed incassare i Fiumi ed i Torrenti in Alvei determinati, per opera principalmente delle Acque dei medesimi.

Pag.	lin.	*Errori*	*Correzioni*
24.	8	Il ne sera	Il en sera
31.	1	Paduli	Paludi
43.	23	fleves	fleuves
46.	17	rettangolare, qualunque	rettangolare qualunque,
48.	23	base quadrilatera	forma quadrilatera.
60.	11	§. XL.	§. XLII.
61.	5	§. XXXVIII.	§. XLII.
86.	4	esprimente l' espressione	contenente l' espressione
88.	16	pressione	precisione
102.	13	§. LXVIII.	§. LXVII.
103.	11	$\int l d s \Delta)$	$\int l d s + \Delta)$
115.	17	dall' equazione	nell' equazione
116.	10	CAP. VI.	CAP. VII.
127.	1	$p = \frac{- \Phi + \text{ec.}}{}$	$= p = \frac{- \Theta + \text{ec.}}{}$
133.	20	facilitaare	facilitare
143.	28	Fiu-F, ed F'	Fiumi F, ed F'
160.	21	porrata	portata
185.	18	uelle	nelle
id.	21	da essere affatto certi e sicuri di non risentirne	da non risentirne
187.	24	tante	tanto
id.	26	princiopio	principio
222.	7	pottebbero	potrebbero
226.	2	fluentii	fluenti
234.	8	metri 1,949.	metri 1,299

Tav. I.